

weiter.vorn

Das Fraunhofer-Magazin

3/14

Energie intelligent managen



Produktion
Richtig kleben

Informationstechnologie
Kulturschätze in 3D

Mikroelektronik
Sensoren für mehr Sicherheit

The Siemens logo is displayed in a bold, teal, sans-serif font. It is positioned in the upper left corner of the advertisement, above a white horizontal bar. The background of the entire advertisement is a 3D architectural rendering of a coastal city and its energy infrastructure. The rendering includes offshore wind turbines, solar panels, a city skyline, a train, and various industrial and residential buildings. Orange labels with white text and icons are placed throughout the scene to identify different energy and infrastructure components: 'Erneuerbare Energien' (Renewable Energy), 'Smart Grids', 'Versorgungssicherheit' (Security of Supply), 'Energiespeicher' (Energy Storage), 'Effiziente Energienutzung' (Efficient Energy Use), 'Konventionelle Kraftwerke' (Conventional Power Plants), 'Stromautobahnen' (Power Grids), 'Verbrauchssteuerung' (Consumption Control), and 'Finanzierung' (Financing).

SIEMENS

Wir können die Energiewende nur weiter voranbringen, wenn wir gemeinsam passende Lösungen erarbeiten.

Deutschland geht neue Wege. Mit Antworten für die Energiewende.

Bei der Energiewende geht es um viel mehr als den Ausstieg aus der Kernenergie und das Erreichen von Klimazielen. Lebenswichtige Teile der Infrastruktur unseres Landes sind neu zu gestalten. Eine nachhaltige, sichere und bezahlbare Energieversorgung ist für die Wettbewerbsfähigkeit unserer Wirtschaft ebenso entscheidend wie für die Lebensqualität jedes Einzelnen. Eine historische Herausforderung. Und die

einzigartige Gelegenheit, Vorreiter innovativer Entwicklungen zu werden. Siemens bietet Lösungen für sämtliche Handlungsfelder des Energiesystems – vom Privathaushalt bis zur länderübergreifenden Stromautobahn. Und wir haben die Erfahrung, alles intelligent zu vernetzen. Die Antworten für die Energiewende sind da. Und die Zeit für neue Wege ist jetzt. Denn die Welt von morgen braucht unsere Antworten schon heute.

[siemens.de/energiewende](https://www.siemens.de/energiewende)

Forschung fördern – Zukunft sichern



Prof. Dr. Reimund Neugebauer. © Axel Griesch

Im aktuellen Innovationranking der EU-Kommission belegt Deutschland nur noch den dritten Platz. Damit rutscht die Bundesrepublik im Vergleich zum Vorjahr um einen Rang nach hinten. In der Europäischen Union verfügt Schweden über das Innovationssystem mit der besten Leistung – gefolgt von Dänemark. Betrachtet man allerdings Europa insgesamt – und nicht nur die EU – ist die Schweiz das innovationsstärkste Land. Und auf globaler Ebene haben Südkorea, die USA und Japan einen Vorsprung vor Europa. Südkorea konnte sogar seinen Abstand noch weiter ausbauen. Die EU-Studie »Leistungsanzeiger der Innovationsunion 2014« weist aber noch auf eine weitere Entwicklung hin: China holt kräftig auf. Zwar beträgt die derzeitige Innovationsleistung des Landes nur etwa 44 Prozent des EU-Niveaus. Aber China ist auf dem Weg, diese Lücke zu schließen, da es seine Innovationsleistung schneller und mit einer höheren Rate als die EU verbessert.

Für uns heißt das: Um den Innovationsstandort Deutschland zukunftsfähig zu halten, ist es entscheidend, dass die Investitionen in Forschung und Entwicklung kontinuierlich wachsen. Die Bundesrepublik investiert mittlerweile knapp drei Prozent des Bruttoinlandsprodukts in Forschung und Entwicklung. Das ist ein wichtiger Meilenstein. Aber wenn wir auch künftig im internationalen Wettbewerb bestehen wollen, dürfen wir nicht stehen bleiben. Dazu gehört auch, den Pakt für Forschung und Innovation bedarfsgerecht und individualisiert fortzusetzen. Bund und Länder haben den Pakt 2005 ins Leben gerufen. Er ist ein zentrales Instrument der Forschungsförderung und bietet den außeruniversitären Forschungsorganisationen Verlässlichkeit und Planungssicherheit.

Ein wesentlicher Baustein für zukunftsweisende Innovationen oder bahnbrechende Entwicklungen ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit über die Grenzen von Fachbereichen und Branchen hinweg. Um die Vernetzung der Fraunhofer-

Institute untereinander zu fördern und noch besser auf den Bedarf der Industrie eingehen zu können, hat Fraunhofer die »Leitprojekte« aufgelegt. Mit diesem neuen Instrument bündeln wir flexibel unsere Kompetenzen über Fachbereiche hinweg, um schnelle Lösungen für die dringenden Fragen der Wirtschaft zu entwickeln. Mehr dazu erfahren Sie in dieser Ausgabe auf Seite 28.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit sowie das Einbindung von Informations- und Kommunikationstechnologien sind aber auch notwendig, wenn wir die Herausforderung der Energiewende meistern wollen. In der Titelgeschichte lesen Sie, wie die zunehmende Digitalisierung und die Entwicklung leistungsfähiger Speicher helfen, erneuerbare Energien aus dezentralen und volatilen Quellen effizient und zuverlässig in unsere Energieversorgung zu integrieren.

Kontinuierliche Forschungsförderung, Steigerung der Innovationsfähigkeit, Zusammenarbeit über Fachgrenzen hinweg – das sind wichtige Faktoren, um zukunftsfähig zu bleiben.

Ihr



08

Titelthema

Energie intelligent managen

Strom kommt künftig aus vielen unterschiedlichen Quellen.



14

Leistungselektronik für die Energiewende

Um Strom effizient nutzen zu können, wird neue Technik benötigt.

22

Ende der Verschwendung

Für eine nachhaltige und ressourcenschonende Produktion ist es hilfreich, Prozesse gesamtheitlich zu bewerten.



34

Auch mit 65 Jahren voller Energie

Eine Bühne, die auf die Tänzer reagiert, das war ein Highlight der beeindruckend inszenierten Fraunhofer-Jahrestagung.

46

Kulturschätze in 3D

Eine Replik der Nofretete wird gescannt.



52

Sensoren für mehr Sicherheit

Drahtlose Sensoren erkennen Schäden an Schienenfahrzeugen bevor es zu spät ist.

Inhalt

06 Spektrum

17 Fraunhofer inside

41 Kompakt

49 International

56 Panorama

57 Personalien

57 Impressum

58 Gründerwelt

Titelthema

- 08 Energie intelligent managen**
Stromerzeuger, Speicher und elektrische Verbraucher – in Smart Grids sind sämtliche Akteure miteinander vernetzt.

Energie

- 14 Leistungselektronik für die Energiewende**
Um die vorhandene Energie optimal auszunutzen, muss der Strom effizienter verteilt werden.

- 18 Gemeinschaft macht stark**
Klimaschutz rechnet sich für Unternehmen. Wie das geht, zeigen Netzwerke.

- 20 Blick in den Sonnenofen**
Für das Fusions-Forschungsprojekt ITER entwickeln Fraunhofer-Forscher einen Sensor.

Produktion

- 22 Ende der Verschwendung**
Der wirtschaftliche Einsatz von Material und Energie in der Fertigung wird immer wichtiger.

- 24 Flugzeugtragflächen automatisiert montieren**
Ein schlangenförmiger Roboter gelangt in jeden Winkel der Tragflächen.

- 26 Richtig kleben**
Gezielte Weiterbildung in der Fügetechnik Kleben.

Fraunhofer-Leitprojekte

- 28 Schnelle Unterstützung für die Industrie**
In Leitprojekten werden Kompetenzen über Fachbereiche hinweg flexibel gebündelt.

Ergebnis

- 32 Fraunhofer wächst weiter**
Gutes Ergebnis: 2013 stieg das Finanzvolumen um vier Prozent.

Jahrestagung

- 34 Auch mit 65 Jahren voller Energie**
Unter dem Motto »Mit neuer Energie« lud Fraunhofer zur Jahrestagung nach Freiburg.

Wissenschafts-Preise

- 37 Die digitale Filmrolle**
Die Software easyDCP bringt digitale Filmkopien in guter Qualität ins Kino.

- 38 Kleben mit vorappliziertem Klebstoff**
Ein neues Verfahren ermöglicht rasantes Kleben in der Produktion.

- 39 Briefkontrolle mit Terahertz-Wellen**
Ein Terahertz-Scanner sorgt für Durchblick bei riskanter Post.

- 40 Flüssigkristalle als Schmierstoffe**
Mit Flüssigkristallen lassen sich Reibung und Verschleiß deutlich senken.

Informationstechnologie

- 42 Klang mit persönlicher Note**
Die Lautsprecher-Panels der Zukunft sind flach.

- 44 Legoland in Sankt Augustin**
So macht das Lernen Spaß: Physikunterricht mit Lego.

- 46 Kulturschätze in 3D**
Dank 3D-Digitalisierung sollen Kunstwerke der Nachwelt virtuell erhalten bleiben.

Mikroelektronik

- 50 Robuste Chips fürs schlaue Haus**
Kabellose Technik sorgt für niedrigen Energieverbrauch.

- 52 Sensoren für mehr Sicherheit**
Ein drahtloses Sensornetzwerk überwacht Achsen und Fahrgestelle von Zügen.

Life Sciences

- 54 Nachweis für Schweinevirus-Infektion**
Neuer Test kann den Schweinevirus PRRS eindeutig identifizieren.

Straßenbrücken überwachen

Viele Brücken in Deutschland sind in einem schlechten Zustand. Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF und der Technischen Universität Darmstadt haben nun ein System entwickelt, um die Struktur der Brücken zu analysieren. Sie messen die Vibrationen, denen Brücken im Betrieb ausgesetzt sind, bestimmen die Schwingungseigenschaften und beobachten sie über einen langen Zeitraum. Dazu haben sie ein Netzwerk an hochempfindlichen Sensoren, die drahtlos miteinander verknüpft sind, in eine Modellbrücke integriert.

Auf Basis der erhobenen Daten und im Vergleich mit zuvor bestimmten Referenzstrukturen erkennen die Experten Schäden bevor die Folgen möglicherweise Bahn- und Autofahrern gefährlich werden können.

Große Teile der Verkehrsinfrastruktur, insbesondere Straßenbrücken, sind marode. © panthermedia



Wie wirken Umwelthormone?

Man kann sie nicht sehen, riechen oder schmecken – dennoch sind Umwelthormone Bestandteile vieler Materialien und Produkte. Sie finden sich beispielsweise in Farben, Pflanzenschutzmitteln, Kosmetika, Kunststoffen und in Pharmazeutika. Es sind Moleküle, die sich wie Hormone verhalten, weil sie diesen in ihrer Struktur ähneln.

Umwelthormone werden neben anderen Faktoren für den Rückgang von Fischzahlen verantwortlich gemacht. Ob die Bestände von Fischen und Amphibien tatsächlich durch eine mögliche Belastung von Gewässern mit hormonaktiven Substanzen bedroht werden, diskutieren Experten seit über zwei Jahrzehnten kontrovers. Studien, die ein komplettes Fischleben abbilden, aus dem Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME, geben Aufschluss.

Dazu haben die Forscher des IME den Lebenszyklus des Zebraäbblings, einem Süßwasserfisch, umfassend analysiert. Negative Wirkungen ließen sich für viele hormonaktive Substanzen beobachten, denen die Tiere ausgesetzt wurden. Beispielsweise führte die Belastung mit Aromatasehemmern, die als Antipilzmittel in Pflanzenschutzmitteln eingesetzt werden, zu einer Vermännlichung der Fische. Die Belastung mit synthetischen Östrogenen kann den Verlust der Fortpflanzungsfähigkeit herbeiführen.

Durchflussanlage: Jedes Testbecken kann sowohl erwachsene Tiere als auch die Larvenstadien aufnehmen. © Fraunhofer IME



Phosphor aus Abwasser gewinnen

Phosphor steckt in Düngern, Futter- und Nahrungsmitteln, Getränken und Waschmitteln. Vor allem aber ist er für alle biologischen Vorgänge ein lebenswichtiges Element. Die Deutsche Phosphor-Plattform hat sich daher zum Ziel gesetzt, dieses wertvolle Element aus dem Wasser zurückzugewinnen. Die Phosphorplattform wurde im November 2013 gegründet und ist unter dem Dach der Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC angesiedelt.

Dort, am IWKS, läuft bereits ein Projekt zur Phosphorrückgewinnung aus Abwässern. Um den Stoff aus dem Wasser zurückzugewinnen, fügen Forscher superparamagnetische Partikel hinzu. Spüren diese Partikel ein Magnetfeld, so werden sie selbst magnetisch. Ohne äußeres Magnetfeld verlieren die Teilchen ihre magnetischen Eigenschaften wieder und schweben frei im Wasser. An diesen kleinen Teilchen haben die Forscher spezifische Bindungsstellen für Phosphor angebracht – daran haften die Phosphatanionen im Wasser. Mit einem Magneten können sie dann mitsamt ihrer Phosphorladung aus dem Wasser gezogen werden. Ähnlich lassen sich auch andere Schadstoffe wie giftige Schwermetalle relativ einfach und selektiv magnetisch abtrennen.

Mit einem Magneten lassen sich die superparamagnetischen Partikel im Wasser mitsamt ihrer Phosphorfracht aus dem Wasser ziehen.
© Knud Dobberke / Fraunhofer ISC



Mit Röntgenblick auf Diamantensuche

Diamanten gehören zu den teuersten Rohstoffen weltweit. Sie sind nur mühsam zu finden. Forscher vom Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT in Fürth, einem Bereich des Fraunhofer IIS, haben einen Demonstrator entwickelt, der sie in Gestein vulkanischen Ursprungs aufspürt.

Das Verfahren basiert auf dem Dual-Energy-Röntgen. Dabei werden zwei Bilder desselben Objekts mit zwei unterschiedlichen Röntgenspektren erzeugt. Ein am EZRT entwickelter Algorithmus filtert aus den beiden Aufnahmen die jeweiligen Materialinformationen heraus. Die neue Technologie ist in der Lage, winzige Diamanten in Kimberlitgestein mit Korngrößen bis 50 Millimeter zu entdecken. Erste Praxistests hat der Demonstrator in einer Diamantmine bereits bestanden. Zusammen mit den Kollegen des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB in Karlsruhe arbeiten die Wissenschaftler gerade an einem Prototyp, der das Gestein vollautomatisch an einem Bandgerät prüft.

Kimberlitgestein transportiert Diamanten aus dem Erdinnern nach oben. Jetzt verspricht eine neue Röntgentechnik einen effizienteren Abbau.
© Fraunhofer IIS





Energie intelligent managen

Solarparks, Windräder, Biomasse-Anlagen – immer mehr elektrische Energie

stammt aus dezentralen und volatilen Quellen. Tendenz weiter steigend.

Doch Wind- und Sonnenenergie sind abhängig von Wetter und der Tageszeit.

Intelligente Netze, die Smart Grids, innovative Speichertechnologien und

Energiemanagement-Systeme ermöglichen es künftig, regenerative Energie

dann zu nutzen, wenn sie benötigt wird, und das Stromnetz stabil zu halten.

SmartRegion Pellworm: Nicht benötigte Energie aus Wind und Sonne wird in leistungsstarken Batterien sowie beispielsweise in Heizungssystemen von Haushalten gespeichert. © Schleswig-Holstein Netz AG



Neuer Rekord: Im vergangenen Jahr stammte jede vierte verbrauchte Kilowattstunde Strom aus Wind-, Solar-, Wasser-, Biogas- und Erdwärmekraftwerken. Insgesamt wurden etwa 150 Mrd kWh aus Erneuerbaren Energien gewonnen, so die Bilanz des Bundesverbands der Deutschen Energie- und Wasserwirtschaft. Und in Zukunft wird noch mehr elektrische Energie aus Wind, Sonne, Wasser und Biomasse erzeugt. Ziel der Bundesregierung ist, dass im Jahr 2050 etwa 80 Prozent des benötigten Stroms aus erneuerbaren Quellen stammen. Doch das stellt die Energiewirtschaft vor große Herausforderungen: Denn künftig wird der Strom nicht mehr von großen Kraftwerken, sondern von vielen kleinen Erzeugern geliefert. Dennoch müssen Produktion und Verbrauch im Stromnetz jederzeit im Gleichgewicht sein. Aber leider bläst der Wind und scheint die Sonne nicht immer dann am stärksten, wenn der Strombedarf am höchsten ist.

»Die Energiewende erfordert ein intelligentes Energiesystem mit Speichern, um Fluktuationen auszugleichen«, sagt Prof. Eicke Weber, Sprecher der Fraunhofer-Allianz Energie und

Leiter des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg. Um künftig das Potenzial der umweltfreundlichen und nachhaltigen Stromerzeugung aus Sonnenenergie und Windkraft optimal nutzen zu können, muss man Angebot und Nachfrage besser aufeinander abstimmen. Dafür werden Smart Grids, neue Speicher-Technologien sowie Systeme benötigt, mit denen sich Stromerzeugung und Bedarf regeln lassen. »Ein wichtiger Baustein ist die Integration moderner Informations- und Kommunikationstechniken ins Energienetz«, erläutert Dr. Peter Bretschneider, der den Bereich »Intelligente Energienetze« der Allianz koordiniert.

»Smart Region Pellworm«

Wie das in der Praxis aussehen kann, wird auf der Insel Pellworm untersucht. Dazu haben Experten ein Smart Grid aufgebaut. Darin kombinieren sie das vorhandene Hybridkraftwerk, das aus einem Windrad und Solaranlagen besteht, mit einem dezentralen, hybriden Speichersystem, in dem Strom und Wärme gelagert werden. An dem Projekt »Smart

Region Pellworm« unter der Konsortialführung der E.ON Hanse AG arbeiten e.on, FH Westküste, Saft, IFHT, RWTH Aachen, Gustav Klein, Schleswig-Holstein Netz AG sowie die Fraunhofer-Institute für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, Institut für Angewandte Systemtechnik AST, und für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT. Das Vorhaben fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Wird mehr Energie erzeugt als benötigt, fließt diese in Hochleistungsbatterien sowie in dezentrale Akkumulatoren und Elektrospeicherheizungen in den Haushalten. Bei schlechtem Wetter und wenig Wind liefern dann die Speichersysteme Energie. Für konstante Spannung im Netz sorgen zwei neue Transformatoren. Sie regeln die Spannung automatisch auf die benötigten 400 Volt – egal wie viel Strom Wind- und Solaranlagen liefern. Gesteuert wird das intelligente Netz von einem Energiemanagement-System, das Forscher vom AST entwickelt haben. Es sorgt dafür, dass Energie-Erzeugung und -Verbrauch ausbalanciert sind.

Lokale intelligente Stromnetze

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt auch »Greencom«. In dem von der Europäischen Kommission unterstützten Forschungsvorhaben entwickeln und erproben internationale Partner aus Wissenschaft und Industrie ein »Smart Energy Management System«, um die Erzeugung und den Verbrauch im Stromnetz auf lokaler Ebene zu steuern. Dazu werden Haushalte und Betriebe mit intelligenten Stromzählern (Smart Meter) sowie zusätzlichen Sensoren, beispielsweise zur Temperaturmessung, vernetzt. Nahezu in Echtzeit sammelt und wertet das System sowohl die Verbrauchsdaten der einzelnen Haushalte aus als auch den Stromertrag der regenerativen Energieerzeuger. Anhand dieser Daten lässt sich vorhersagen, wie das Stromangebot und die -nachfrage in den kommenden vier Stunden aussieht.

 www.greencom-project.eu

»Haushaltsgeräte, die viel Strom benötigen, wie etwa Wärmepumpen, Kühlgeräte, Waschmaschinen oder Elektrofahrzeuge, sind mit System vernetzt. So lässt sich ihr Einsatz steuern«, erklärt Daniela Fissler vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT. Wird viel Strom produziert, laden sich zum Beispiel die Elektroautos auf. Derzeit wird das System zusammen mit dem lokalen Stromnetzbetreiber auf der dänischen Insel Fur installiert, um die verschiedenen Lösungsansätze im Praxisbetrieb zu erproben.

 www.e-energy.de

Wichtige Erkenntnisse für das Stromnetz der Zukunft hat vor allem auch das Technologieprogramm »E-Energy – Smart

Energy made in Germany« geliefert. Von 2008 bis 2013 erforschten und erprobten Industrie und Wissenschaftskonsortien – darunter auch zahlreiche Fraunhofer-Institute – in sechs Smart-Energy-Regionen den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechniken im Stromnetz. Dabei entwickelten die Beteiligten Schlüsseltechnologien sowie Geschäftsmodelle für das »Internet der Energie«. Es wurden unter anderem automatisierte Steuerungs- und Regelsysteme bei Erzeugungsanlagen und Endgeräten, IKT-Gateways, Smart Meter, intelligente Speichermodule, Prognose- und Abrechnungssysteme, benutzerfreundliche Online-Ratgeber sowie Anzeige- und Bediensysteme getestet. Das Technologieprojekt förderte der Bund mit 60 Mio Euro, die Wirtschaft trug 80 Mio Euro bei.

Virtuelles Kraftwerk bündelt kleine Erzeuger

Diese und weitere Modellprojekte zeigen, dass Smart Grids auf lokaler Ebene funktionieren. Aber lassen sich auch größere Regionen oder gar ein ganzes Land zuverlässig mit grünem Strom versorgen? Ist es überhaupt möglich ein nur mit regenerativer Energie gespeistes deutschlandweites Netz stabil zu betreiben? Diese Fragen haben Wirtschaft und Wissenschaft in dem Projekt »Kombikraftwerk2« untersucht. Ihr positives Fazit: »Wenn erneuerbare Energien in Kombikraftwerken verknüpft und gesteuert werden, können sie zusammen mit Speichern jederzeit den Bedarf decken und für eine stabile Frequenz und Spannung im Netz sorgen«, fasst Dr. Kurt Rohrig, stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES in Kassel, die Ergebnisse des Ende 2013 ausgelaufenen Projekts zusammen.

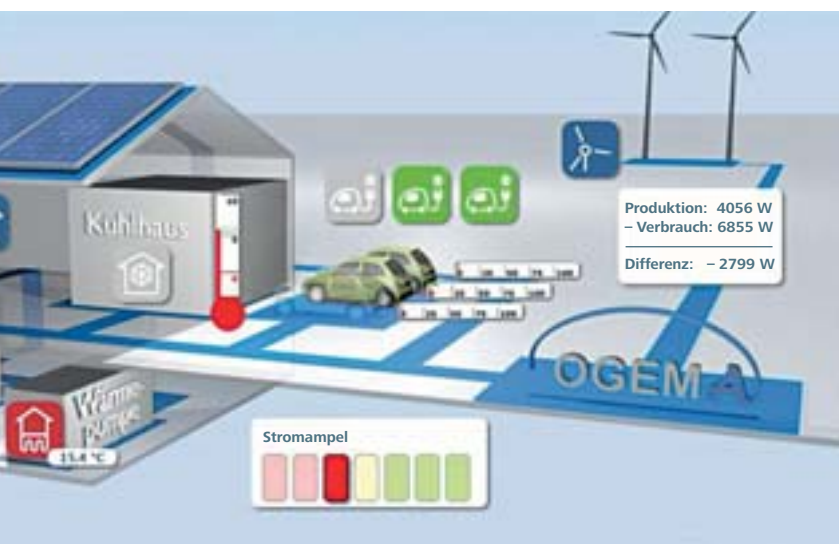
Aber wie funktioniert das Kombikraftwerk? Über eine Softwareplattform werden viele kleinere Erzeuger als ein virtuelles Kraftwerk zusammengefasst. So lassen sich regionale Unterschiede bei Wind und Sonne durch das Stromnetz oder regelbare Biogasanlagen ausgleichen. Überschüssiger Strom wird gespeichert oder in Wärme umgewandelt. Mit Hilfe der Softwareplattform kann man die im virtuellen Kraftwerk zusammengeführten Anlagen nicht nur verwalten und überwachen, sondern auch die erzeugte Energie – etwa an der Strombörse – zentral vermarkten.

 www.kombikraftwerk.de

Derzeit sind unsere Stromnetze noch nicht auf wechselhaften Stromverbrauch und eine schwankende Stromerzeugung vorbereitet. Unterstützung für die notwendige Umgestaltung bieten Forscher der Universität Kassel und des IWES gemeinsam mit einem Industriearbeitskreis im Projekt »OpSim« an. Sie entwickeln Test- und Simulationswerkzeuge für die integrierte Steuerung, Betriebsführung und das Energiemanage-

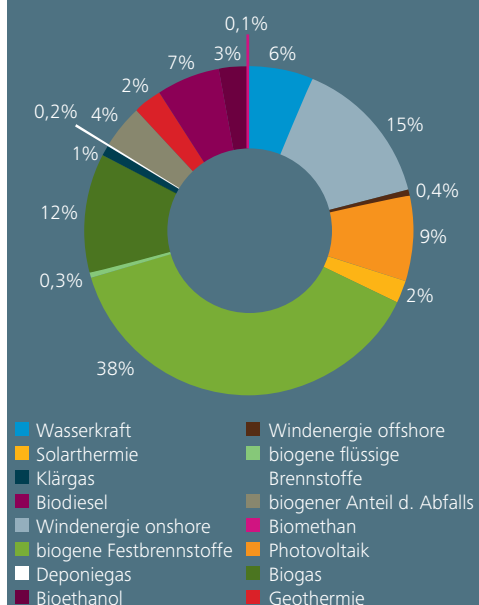


Die offene Energiemanagement-Plattform: »OGEMA 2.0« lässt sich einfach über Tablets, Smartphones und Computer bedienen.
© Fraunhofer IIS



Für den Endkunden wird es immer wichtiger, seinen Verbrauch an das Energieangebot anzupassen.
© Fraunhofer

EE bei der Energiebereitstellung 2013:
332,0 Mrd. kWh
Veränderung gegenüber 2012: +6%



Immer mehr Energie stammt aus erneuerbaren Quellen. © Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat, BDEW, Stand 12/2013



30 Elektroautos können im Parkhaus am Fraunhofer-Institutszentrum in Stuttgart zeitgleich Strom zapfen. © Victor Brigola

ment der Übertragungs- und Verteilnetze. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit gefördert. »Mit OpSim können Steuer- und Regelungsmechanismen und ihre Wechselwirkung wie zum Beispiel virtuelle Kraftwerke mit intelligenten Netzbetriebsführungsstrategien, im Stromnetz unter realistischen Bedingungen getestet werden«, erläutert Projektleiter Dr. Frank Marten vom IWES den Ansatz des Projekts.

 www.opsim.net

Aber nicht nur Energieerzeuger und Netzbetreiber benötigen ausgeklügelte Energiemanagement-Systeme. Auch Unternehmen wollen ihren Strombedarf intelligent und effizient steuern. Schon heute erzeugen zahlreiche Firmen etwa über Solarmodule oder Biogasanlagen selbst Energie, um Kosten zu sparen. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg haben dynamisch agierende Energiemanagementsysteme entwickelt. Darüber lassen sich dezentrale Stromerzeuger, Speicher und der aktuelle Verbrauch regeln.

Damit das System vollautomatisch arbeiten kann, erfasst man für die Grobplanung zunächst, wie viel Energie an diesem Tag benötigt und wie viel Strom voraussichtlich produziert wird. In der Feinplanung werden die Informationen für die kommenden 15 Minuten bereitgestellt. Um das vorhersagen zu können, nutzen die Forscher speziell für die jeweilige komplexe Infrastruktur trainierte neuronale Netze. »Es ist ein Umdenken von der heute verbrauchsorientierten Energieerzeugung hin zum erzeugerorientierten Verbrauch notwendig«, betont Dr. Przemyslaw Komarnicki vom IFF.

Smartes Energiemanagement für die Chemieindustrie

Gemeinsam mit der Compello GmbH und der Somentec Software GmbH haben Fraunhofer-Forscher sogar ein TÜV-zertifiziertes System für das Netznutzungsmanagement der Firma Dow an deren mitteldeutschen Standorten in Schkopau und Böhlen etabliert. Für die dortige Produktion von Polymeren sind große Mengen an Energie und Rohstoffen erforderlich. Eingebunden in die Liefer- und Leistungsketten von Dow

beziehen die Unternehmen einen Großteil der Energie von dem Chemieparksbetreiber. Nur mit einer leistungsfähigen IT-Lösung lassen sich die umfangreichen Mess- und Verbrauchswerte verwalten, die Energie effizient nutzen und die Vorgaben der Bundesnetzagentur einhalten. Diese Anforderungen erfüllt die Software für Energie- und Energiedatenmanagement EMS-EDM PROPHET® vom AST.

»Anders als beim klassischen Netznutzungsmanagement mussten wir bei der Dow Olefinverbund GmbH eine Vielzahl an Medien zusätzlich zum Strom und Gas in unser System integrieren. Dazu gehören unter anderem Dampf in verschiedenen Druckstufen, Rückkühlwasser und technische Gase«, beschreibt Projektingenieur Andreas Reuter vom IOSB, Institutsteil AST, die besonderen Herausforderungen. Zudem mussten bei der Umsetzung internationale IT-Strukturen, viele Schnittstellen und externe Partner berücksichtigt werden. Dennoch konnte das Gesamtsystem bereits nach sechs Monaten in den Produktivbetrieb gehen.

Technologien für die intelligente Energienutzung in Wohnhäusern

Solarzellen auf dem Dach und kleine Blockheizkraftwerke im Keller – auch Wohnanlagen werden zu Stromproduzenten. Aber meist reicht die selbsterzeugte Energie nicht aus, um den gesamten Bedarf übers Jahr zu decken. Dann muss Strom zugekauft werden – am besten, wenn er besonders günstig ist. »Werden selbst erzeugte Energien geschickt mit variablen Stromtarifen und Speichern kombiniert, schafft dies beträchtliche Einsparpotenziale«, sagt Peter Heusinger vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen. Um das zu ermöglichen, arbeiten Forscher der Fraunhofer-Institute ISE, IIS und IWES an der offenen Softwareplattform OGEMA 2.0 (www.ogema.org). Damit lassen sich Energieerzeuger, -speicher und -verbraucher gezielt steuern. So ist es möglich, eigenerzeugten Strom in Wohnhäusern, öffentlichen Einrichtungen und Produktionsanlagen sinnvoll zu nutzen, überschüssige Energie zu speichern und später wieder abzurufen. Neben grundlegenden Managementfunktionen kann das System auch mit anderen Teilnehmern des künftig intelligenten Stromnetzes kommunizieren und so einen Beitrag zur Versorgungsstabilität leisten oder in ein virtuelles Kraftwerk eingebunden werden.

Ein wesentlicher Schlüssel, um erneuerbare Energie zuverlässig ins Stromnetz integrieren zu können, sind leistungsfähige Akkus. Künftig könnte Energie vor allem auch dezentral gelagert werden, bei den Verbrauchern zuhause – etwa direkt in leistungsfähigen Batterien oder aber indirekt durch intelligente Geräte, die Strom verbrauchen. In dem vom Fraunhofer initiierten Übermorgen-Projekt »Hybride Stadtspeicher« arbeiten Forscher an einer kombinierten Hardware- und Software-Plattform, mit der sich verschiedene Speicher (zum Beispiel Lithium-Ionen-Akkus, Redox-Flow-Batterien, thermi-

sche Speicher), flexible Energieerzeuger (Blockheizkraftwerke) und verschiebbare Lasten – wie etwa Wärmepumpe und Warmwasseraufbereiter – zu einer virtuellen und regelbaren Einheit verbinden lassen. An dem Projekt sind die Fraunhofer-Institute für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, für Siliziumtechnologie ISIT, für Solare Energiesysteme ISE und das AST beteiligt.

Intelligente, dezentrale Photovoltaik-Batteriesysteme können die Stromnetze entlasten, die Verfügbarkeit von Solarstrom ausweiten und zugleich die von den Verbrauchern zu tragenden Energiewende-Kosten senken. Zu diesem Ergebnis kommt die »Speicherstudie 2013«, die das ISE im Auftrag des Bundesverbands Solarwirtschaft erstellt hat. Im Projekt »Net-PV« untersuchen ISE-Forscher nun gemeinsam mit Industriepartnern, wie sich Solar-Batteriesysteme nach Auslaufen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und der Förderung von Solarbatteriesystemen wirtschaftlich nutzen lassen.

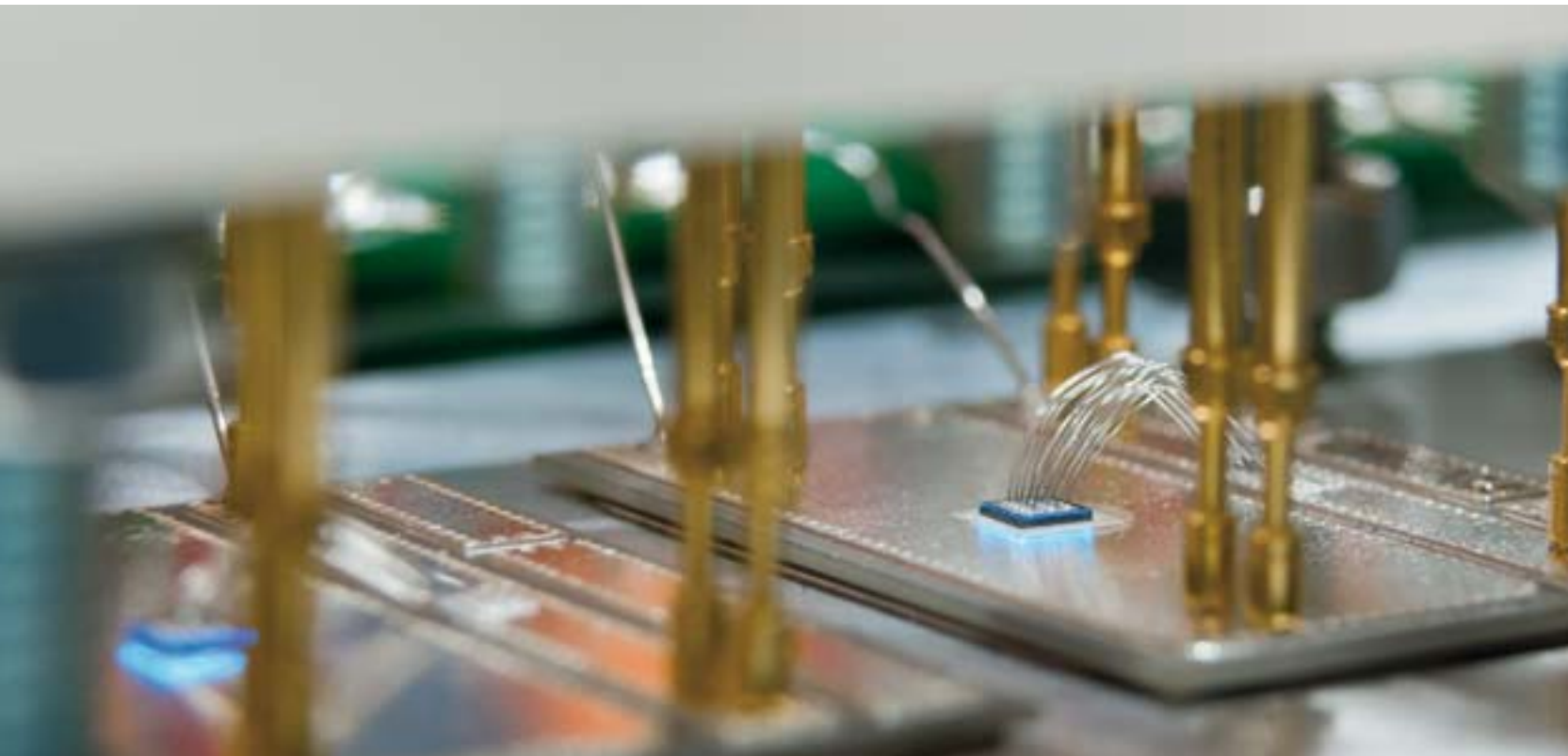
Aber lassen sich auch Elektroautos sicher und zuverlässig mit Strom aus erneuerbaren Quellen betreiben? Diese Fragen untersuchen Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart. Dazu haben sie im Parkhaus des Fraunhofer-Campus eine Lade-station für bis zu 30 Elektrofahrzeuge aufgebaut. Sind alle Zapfsäulen belegt, fließen bis zu 340 Kilowatt. Das entspricht in etwa 20 Prozent der Last des gesamten Institutszentrums mit seinen 1500 Mitarbeitern. »Die Anforderungen durch das Laden der Fuhrparkflotte an das Energiesystem sind groß. Ohne ein intelligentes Lade- und Lastmanagement lässt sich eine solche Stromtankstelle meist nicht realisieren«, sagt Dipl.-Ing. Hannes Rose vom IAO.

Ein Micro Smart Grid, also ein kleines, intelligentes Stromnetz, soll die Fahrzeugflotte mit Energie versorgen. Dabei setzen die Wissenschaftler ausschließlich auf regenerative Ressourcen: Im Lauf dieses Jahres werden am Institutszentrum eine Photovoltaik- und eine Kleinwindkraft-Anlage aufgebaut, um den Fuhrpark zu betreiben. Zudem installieren die Forscher Lithium-Ionen-Akkus sowie eine Redox-Flow-Batterie, in der sich Energie zwischenspeichern lässt. Im nächsten Schritt wollen die IAO-Forscher mit ihrem »lebendigen Labor« eine Testumgebung für Industriebetriebe, Systemanbieter, Stadtwerke, Kommunen und Verteilnetzbetreiber schaffen und das Potenzial der kleinen unabhängigen Netze ausloten. Darüber hinaus wollen die Forscher in bilateralen Projekten ganzheitlich betrachtete Energiekonzepte für Industrie und Kommunen anbieten.

Der Umbau der Energieversorgung hin zu dezentralen und erneuerbaren Erzeugungsstrukturen ist eine der größten Herausforderungen in Deutschland. Das Internet der Energie hilft das Stromnetz für die Aufgaben der Zukunft zu rüsten. ■



www.fraunhofer.de/audio



Leistungselektronik für die Energiewende

In den kommenden Jahren muss sich das deutsche Stromnetz enorm verändern, um den Anforderungen der Energiewende gewachsen zu sein. Ein Schlüssel dazu: neuartige elektronische Komponenten und Systeme.

Text: Brigitte Röthlein

Die Energiewende in Deutschland erfordert mehr als die Umstellung auf regenerative Energien: Um bis zum Jahr 2050 etwa 80 Prozent der Versorgung aus erneuerbaren Quellen zu ermöglichen, muss auch das Stromnetz umgestaltet werden. Dabei geht es nicht nur um den Ausbau von »Stromautobahnen« über große Entfernungen, sondern auch darum, die Infrastruktur anzupassen.

Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen trägt dazu bei, indem es Komponenten und Systeme für hocheffiziente Leistungselektronik entwickelt. Früher gab es wenige große, zentrale

Kraftwerke, die elektrische Energie bereitstellten und an alle Verbraucher verteilten. Neuerdings speisen immer mehr kleine und Kleinsterzeuger Wind-, Biogas- und Solarenergie ins Netz ein. Dies geschieht zu wechselnden Zeiten und in wechselnden Mengen. Damit die Versorgung im Gesamtnetz dennoch stabil und zuverlässig bleibt, sind große technische Veränderungen hin zu einer dezentralen Netzwerkstruktur nötig. So gilt es die Effizienz der Stromverteilung im Vergleich zu heute steigern, um die vorhandene Energie optimal auszunutzen.

»Veränderungen stehen auf mehreren Ebenen an, von den großen europäischen Stromnetzen



Lebensdauertests an SiC-Dioden im Labor für Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT). © Fraunhofer IISB

über die Verteilnetze bis hin zu Industriebetrieben, Gebäuden, Häusern und Elektrofahrzeugen«, sagt Professor Lothar Frey, der das IISB leitet. Besonders großes Potenzial gibt es in Haushalten und Büros. »Was wir heute dort machen, ist doch im Grunde verrückt. Man hat einen 230-Volt-Netzanschluss und versorgt damit Geräte wie Computer, Drucker, Fernseher, Hifi-Anlagen oder Leuchtstofflampen. Fast jedes dieser Geräte hat ein eigenes Netzteil, das aus den 230 Volt Wechselspannung die geräteintern benötigte Gleichspannung erzeugt. Diese Netzteile sind in der Regel möglichst billig und haben einen verhältnismäßig niedrigen Wirkungsgrad, das heißt, sie wandeln einen Teil des

Stroms in nutzlose Wärme. Das ist eine gigantische Verschwendung.«

Sinnvoller wäre es, die 230 Volt der Anschlussleitung im Haus erst einmal für bestimmte Zwecke zentral in Gleichspannung umzuwandeln, und zwar mit Hilfe hochwertiger und hoch effizienter Leistungselektronik. Hinzu kommt, dass immer mehr Gebäude mit Solarmodulen ausgestattet sind, die sowieso Gleichspannung (DC) erzeugen. Im Gegensatz zu heute müsste man diese dann nicht mehr erst in Wechselspannung (AC) umwandeln, sondern könnte sie direkt verwenden. Ähnliches gilt für einen möglichen Batteriespeicher im Keller.

So könnte man etwa im Büro oder Wohnzimmer in einen lokalen Stromkreis einen Wandler von AC auf DC einbauen. Forscher des IISB haben bereits Komponenten entwickelt, die dieses Vorgehen technisch ermöglichen, etwa einen Wandler von der Größe eines Kartenspiels, der ein gesamtes Wohnzimmer versorgen kann, oder einen DC-Netz-Manager, der für einen Bürokomplex oder mehrere Einfamilienhäuser ausreichen würde. »20 Kilowatt für eine Hausverteilung bedeuten in konventioneller Technik einen ganzen Schaltschrank«, sagt Professor Frey. »Wir benötigen für die gleiche Funktion mit effizienter Leistungselektronik nur noch das Volumen eines Telefonbuchs.« Die neue Technik ist auch für Industrie und Handel interessant, denn deren Kühlgeräte, drehzahlregelte Motoren und Beleuchtung können ebenfalls besser, preiswerter und effizienter mit Gleichstrom betrieben werden.

Hochspannungs-Übertragung mit Gleichstrom

Auf der Ebene der nationalen und europaweiten Energieversorgung kann die Leistungselektronik ebenfalls wesentliche Verbesserungen bringen. Für große Stromtrassen innerhalb Deutschlands, etwa zur Übertragung der Windenergie von den Offshore-Feldern im Norden in den Süden der Republik, bietet die Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) erhebliche Vorteile: Die Transportverluste sind 30 bis 50 Prozent niedriger als bei Wechselspannung. Man arbeitet heute mit Gleichspannungen bis zu mehreren 100 000 Volt und je höher die Spannung ist, desto geringer fallen die Transportverluste aus. Die Leitungen können als Freileitungen

über Land gehen, als Erdkabel oder als Seekabel verlegt sein. An den beiden Kopfstationen einer Gleichspannungsleitung, dort, wo die Umwandlung von AC auf DC und umgekehrt geschieht, stehen in einer Halle bis zu mehreren tausend Inverterzellen mit Leistungsschaltern auf Halbleiterbasis.

Entwicklung sicherer Inverterzellen

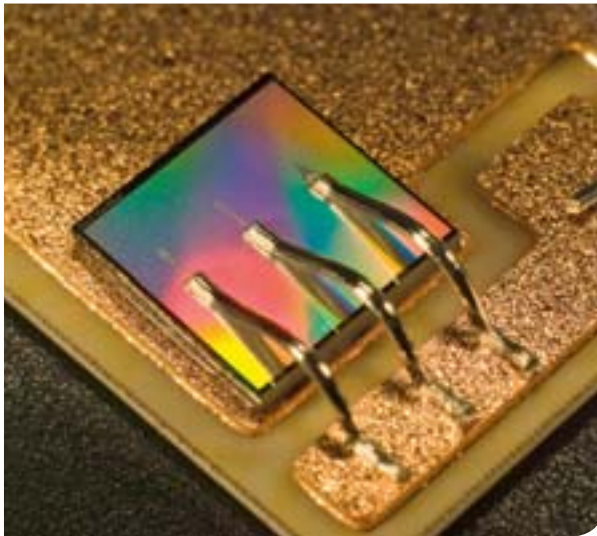
Jede Inverterzelle wiegt rund einen Zentner und speichert eine Energiemenge, die in etwa der Energie des Sprengstoffs in einer Handgranate entspricht. Ein entscheidender Beitrag der Fraunhofer-Forscher war, dass es ihnen gelungen ist, die Auswirkungen bei einem Schaden in einer Inverterzelle auf die Zelle selbst zu beschränken und zugleich sicherzustellen, dass die Gesamtanlage bei Fehlern innerhalb einer einzelnen Inverterzelle ohne Unterbrechung weiter läuft.

Einen weiteren Vorteil dieser so genannten Multilevel-Umrichtertechnik verdeutlicht Prof. Martin März, stellvertretender Institutsleiter des IISB und Leiter der Abteilung Energieelektronik: »Die passiven Netzfilter, welche die elektrischen Störungen begrenzen, benötigen mit konventioneller Technik noch den Platz von ganzen Fußballfeldern. Mit der neuen Technologie sind Anlagen möglich, die in eine Halle oder einen Container passen.«

Sicher werden Wechselspannungsnetze in Deutschland noch lange bestehen, aber es wird ein Nebeneinander von Gleich- und Wechselstrom geben. Um die unterschiedlichen Netze zu koppeln, ist Leistungselektronik unverzichtbar. »Ich glaube, unser Stromnetz wird für die Energieübertragung in etwa so werden, wie es das Internet für die Datenübertragung schon heute ist«, sagt Professor Lothar Frey. »Auch im Internet haben wir an jeder Schnittstelle Elektronik, genauso wird das künftig beim Strom laufen. Es wird viele elektronische Knoten geben, die große Trassen, lokale Subnetze, dezentrale Energiespeicher, die vielen neuen Energieerzeuger und natürlich die Verbraucher miteinander verbinden. Zusammen mit einer intelligenten Steuerung hat das auch eine stabilisierende Wirkung auf das Gesamtnetz«, ist Frey überzeugt.

Auch bei der Elektromobilität spielt die Leistungselektronik eine große Rolle. Die Batterie

RC-Snubber dämpfen Strom-Spannungs-Spitzen beim Betrieb von halbleiterbasierten Leistungsmodulen. RC-Snubber in Silizium-Technologie, monolithischer Aufbau auf DCB-Substrat (DCB: Direct Copper Bonding)
© Fraunhofer IISB



Mittels Draht-Bonden werden Leistungshalbleiter elektrisch kontaktiert.
© Fraunhofer IISB



treibt nicht nur das Auto an – hierfür wird ein zentrales Hochspannungsbordnetz mit 400 Volt benötigt, sondern versorgt auch das elektrische Niederspannungsbordnetz für Beleuchtung, Klimaanlage, Servolenkung, Radio, Scheibenwischer und Ähnliches mit Energie. Die meisten elektrischen Verbraucher benötigen dabei unterschiedliche Spannungen und Ströme. Die Schnittstellen dafür bilden elektronische Leistungswandler. Sie dürfen andere elektronische Komponenten oder Fahrzeuge nicht durch elektromagnetische Abstrahlung stören beziehungsweise sich durch diese stören lassen, das heißt, dass auch die gegenseitige »Elektromagnetische Verträglichkeit« (EMV) sichergestellt sein muss.

Um den EMV-Anforderungen gerecht zu werden, aus Platz- und Gewichtsgründen und um teure Leitungen zu sparen, platzieren die Forscher die Leistungselektronik nicht zentral an einem Ort, sondern dort, wo sie ihrer Funktion nach hingehört: »Wirkortnahe Systemintegration« nennt Martin März das Prinzip. Damit lassen sich bis zu zwei Drittel der Stecker und viele der teuren, schweren und daumendicken Hochspannungskabel einsparen. So sollte der elektronische Umrichter, der den Gleichstrom aus dem Bordnetz für den Motor in Drehstrom verwandelt, direkt am Motor angebracht oder gar in den Antrieb integriert sein wie etwa bei Radnabenmotoren. Der Leistungswandler, der aus der Bordnetzspannung die benötigte Niederspannung erzeugt, sitzt im Batteriebauräum, ebenso wie das Ladegerät, mit dem man das

Auto an jeder Steckdose aufladen kann. »Für das Schnellladen haben wir eine innovative Lösung auf der Basis von Gleichspannung entwickelt, die ohne ein externes Schnellladegerät auskommt und dadurch besonders wirtschaftlich ist«, erklärt März.

Dass diese Ideen auch in der Praxis funktionieren, hat man am IISB bereits mit der Hybridisierung eines Audi TT demonstriert. Dafür wurden alle leistungselektronischen Systeme entlang des Energiewegs »vom Netzanschluss bis an die Räder« neu entwickelt: Ladegerät, Batteriesystem plus Überwachung aller Funktionen, Spannungswandler und Antrieb. Die Wissenschaftler haben dafür Wandler gebaut, die extrem kompakt sind und dennoch keine eigene Kühlung erfordern.

Weltrekorde in der Leistungsdichte

Damit leistungselektronische Wandler immer kleiner und zuverlässiger werden, sind oft ganz neue Ansätze für Materialien, Bauelemente, Packaging, Systemdesign und Fertigung nötig. Das IISB engagiert sich entlang dieser gesamten Kette. Wichtige Kennzahlen sind dabei Effizienz und Leistungsdichte, und hier haben die Forscher schon mehrfach Weltrekorde aufgestellt. Die Mehrzahl der elektronischen Bauelemente besteht auch heute noch aus Silizium. Um die in der Leistungselektronik nötigen geringen Verluste und hohen Schaltgeschwindigkeiten zu

erreichen, entwickelt das IISB in Zusammenarbeit mit der Industrie neue Bauelementkonzepte und setzt dabei zunehmend auf Siliziumkarbid (SiC). Dieses Material gehört zu den Wide-Bandgap-Halbleitern und ermöglicht besonders verlustarme und temperaturfeste Bauelemente. Nur die SiC-Wafer werden eingekauft, alle anderen Prozessschritte bis zum fertigen Bauelement stehen am Institut selbst zur Verfügung.

Die fertig prozessierten SiC-Wafer vereinzelt man mit der am IISB entwickelten Methode des Thermischen Laserstrahlseparierens (TLS) zu Chips und baut daraus Leistungsmodulen. Neue Entwicklungen gibt es auch für zuverlässigere Bond-, Löt- und Sinterverbindungen, ebenso wie für das Vergießen mit Kunststoffen, das oft nötig ist, um Spannungsüberschläge zu verhindern. Die fertigen Prototypen setzen die IISB-Forscher dann in ihren Demonstratoren ein. Dort werden sie auf Herz und Nieren geprüft, beansprucht und künstlich gealtert, um ihre Zuverlässigkeit zu testen.

»So bieten wir unseren Kunden Kompetenzen vom Halbleiter bis hin zu Komponenten für größte Leistungen an, damit sie sich für die Energiewende rüsten können«, sagt Professor Lothar Frey. ■

Die Energie der Sonne optimal nutzen

Rollbond-Absorber mit
FracTherm®-Kanalstruktur.
© CGA Technologies S.p.A.

Das italienische Unternehmen CGA Technologies S.p.A. setzt bei seinen Solarabsorbern »inside by CGA Technologies« auf ein Verfahren von Fraunhofer. So entstehen hocheffiziente Solarkollektoren mit flexiblem Design.

Text: Isolde Rötzer

ren drucken die Fachleute zunächst mit einem Trennmittel auf ein Aluminiumblech. In einem nächsten Schritt walzen sie ein zweites Blech auf das erste. Bis auf die bedruckten Bereiche verbinden sich beide Bleche flächig miteinander. Mit Hilfe von Druckluft bilden sich die Kanäle, durch die später das Solarfluid strömt. »Das Rollbond-Verfahren eignet sich sehr für die Herstellung von komplexen Strukturen. Es benötigt keine aufwändigen Werkzeuge, das Kanalbild wird im Siebdruck aufgebracht«, erklärt Hermann.

CGA Technologies ist weltweit führend bei der Herstellung von hocheffizienten Verdampfern aus Aluminium Al99.5 für Haushaltskühlgeräte sowie Strahlungswärmetauschern für die Klimatechnik. Außerdem wird die Rollbond-Technologie des Unternehmens für solarthermische Anwendungen genutzt. »Die konstruktive Zusammenarbeit im BIONICOL-Projekt war für uns sehr hilfreich. Wir haben viel über die Entwicklung von Solarabsorbern gelernt und daraufhin unsere Produktion an die Erfordernisse angepasst«, sagt Giorgio Colugnati, bei CGA verantwortlich für die Rollbond-Technologie. »Durch die Kooperationen mit Fraunhofer und Savosolar Oy können wir dem Solarthermiekmarkt ein Produkt anbieten, das eine hohe Effizienz mit einem attraktiven und flexiblen Design verbindet.«

Teamleiter Hermann ist zuversichtlich, dass die neuen Kollektoren nicht das einzige Produkt bleiben, bei dem FracTherm® zum Einsatz kommt. Die ISE-Wissenschaftler testen derzeit unter anderem, wie sich damit Werkzeuge während des Produktionsprozesses kühlen lassen. ■

Sonnenwärme ist unbegrenzt verfügbar. Die Chance, mit ihrer Hilfe unabhängiger von Energieversorgern zu werden, bieten thermische Solaranlagen. Herzstück der Solarkollektoren ist der Solarabsorber. Er wandelt die Lichtenergie der Sonne direkt in Wärme um und gibt sie an einen Wärmeträger ab. »Bei Wärmeübertragern, die auf Fluiden basieren, ist es wichtig, dass sie auf der ganzen Fläche gleichmäßig durchströmt werden«, erklärt Dr.-Ing. Michael Hermann, Teamleiter »Wärmeübertrager und Kollektorentwicklung« am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg. Wie das geht, hat sich der Wissenschaftler bei der Natur abgesehen. Das Ergebnis ist ein Verfahren mit dem Namen FracTherm®.

Es basiert auf einem Algorithmus, mit dem man auf einer nahezu beliebigen Fläche ein verzweigtes, stark gegliedertes Netzwerk erzeugen kann – ähnlich dem von Blattadern oder Blutgefäßen.

»Man muss nur die Kontur der Fläche sowie eine Ein- und Austrittsstelle vorgeben. Mit dem Algorithmus berechnen wir dann die für die jeweilige Anwendung oder Form geeigneten Strukturen«, erläutert Hermann. Die Technologie ermöglicht neue solarthermische Designkonzepte. Denkbar sind beispielsweise runde, dreieckige oder trapezförmige Kollektoren. Erste Prototypen mit FracTherm®-Absorbern wurden bereits erfolgreich in »BIONICOL« entwickelt und getestet, einem EU-Projekt, in dem Wissenschaftler des ISE mit Kollegen der Firma CGA Technologies und weiteren Partnern zusammenarbeiteten. Seit letztem Jahr setzt CGA die Methode nun in Lizenz bei seinen Solarabsorbern »inside by CGA Technologies« ein.

Nach dem Vorbild der Natur

Das Procedere ist folgendes: Die vom FracTherm®-Algorithmus erzeugten Kanalstruktu-

Gemeinschaft macht stark

Die Energiewende ist überall in Deutschland sichtbar: Im Norden drehen sich Windräder, im Süden glitzern Photovoltaikanlagen. Doch der grüne Strom, den diese Systeme produzieren, ist nur eine Seite der nötigen Anstrengungen. Zur erfolgreichen Wende gehört auch, Energie effizienter zu nutzen – zumal Wind- und Sonnenkraft die Strompreise in die Höhe treiben. Doch hier stehen Politik, Bürger und Unternehmen noch auf der Bremse. Vor allem die Industrie packt die Sparmöglichkeiten nur halbherzig an. Die Effizienz ihrer Anlagen ist in den vergangenen zwölf Jahren nur um jährlich 0,5 Prozent gestiegen, obwohl der Wert nach Ansicht von Prof. Dr. Eberhard Jochem vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe mehr als doppelt so hoch sein könnte.

Vorbild Schweiz

Wie auch hier ein Umdenken gelingen kann, hat die Schweiz vorgemacht. Schon 1986 schlossen sich in Zürich einige Unternehmen zu einem Netzwerk zusammen, um voneinander zu lernen. Der Erfahrungsaustausch erwies sich als enorm fruchtbar. Inzwischen gibt es in der Schweiz 85 solcher Netzwerke mit etwa 2000 Betrieben, die dabei helfen, die Energiekosten erheblich zu senken. Das Konzept wurde unter anderem so populär, weil der Schweizer Staat Druck machte: Wer in einem Netzwerk kooperiert, ist von der CO₂-Abgabe befreit, die in der Schweiz seit dem 1. Januar dieses Jahres 50 Euro pro Tonne beträgt. In Deutschland fehlt ein solcher Anreiz, weil die CO₂-Abgabe anders geregelt ist: Die frei gehandelten CO₂-Zertifikate kosten hier derzeit nur fünf Euro pro Tonne. Dennoch können Energieeffizienz-Netzwerke auch in Deutschland zum Erfolgsmodell werden, denn sie bringen den Unternehmen bares Geld.

Der Energieexperte Jochem, der lange an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH) gearbeitet hat, erkannte diese Chance und initiierte 2002 im Hohenloher Land das erste deutsche Netzwerk. Inzwischen gibt es auch in Deutschland schon 60 solcher Effizienzverbünde. Das ISI hat 30 davon über einen Zeitraum von fünf Jahren wissenschaftlich begleitet und

Klimaschutz und Energieeffizienz rechnen sich für Unternehmen. Wie das geht, können Firmen in Netzwerken voneinander lernen.

Text: Klaus Jacob



nun ein Resümee vorgelegt. Danach konnten die 366 beteiligten Unternehmen ihren Energiebedarf binnen fünf Jahren um etwa zehn Prozent reduzieren. Die CO₂-Emissionen lagen nach diesen fünf Jahren um circa 350 000 Tonnen pro Jahr tiefer. Jedes Unternehmen hat im Durchschnitt 580 000 Euro investiert und damit jährlich 180 000 Euro an Energiekosten gespart. Das bedeutet, dass sich die Maßnahmen mit etwa 30 Prozent verzinsen und nach gut drei Jahren amortisiert haben.

 www.30pilot-netzwerke.de

Aber wie funktioniert ein solches Netzwerk? Das Team des ISI hat das Vorgehen zur Gründung zusammen mit seinen Projektpartnern standardisiert und zur Sicherung dieser Standards die LEEN GmbH gegründet, das Unternehmen der »Lernenden Energie-Netzwerke«. Zunächst sucht ein Träger – das kann ein Energieversorger, eine Wirtschaftsplattform, eine Kommune oder eine IHK sein – etwa ein Dutzend geeignete Teilnehmer. Sie sollten für ihren Energiebedarf jeweils mindestens eine halbe Million Euro pro Jahr aufwenden, damit sich der Aufwand der Netzwerkarbeit rentiert. Die Branche spielt keine Rolle, denn fast überall braucht man Druckluft, Kälte, Dampf oder Heißwasser, muss beleuchten oder kann Abwärme nutzen. Ein externer Moderator übernimmt die Organisation der regelmäßigen Treffen. Zudem steht jedem Netzwerk ein zertifizierter Energieberater zur Seite, der sich auf geprüfte Berechnungshilfen stützen kann. Nach einem ersten Check der Produktionsbetriebe einigt sich die Gruppe auf ein gemeinsames

Das Ergebnis nach drei Jahren Karlsruher Energieeffizienz-Netzwerk: Mit 6,1 Prozent Verbesserung der Energieeffizienz wurde das Ziel sieben Prozent etwas verfehlt, andererseits das Sechs-Prozent-CO₂-Ziel um fünf Prozentpunkte deutlich übertroffen. Quelle © LEEN GmbH

Netzwerkziel für die Energie- und CO₂-Reduktion. In den folgenden drei bis vier Jahren findet dann in jedem Quartal ein Netzwerktreffen statt, das jeweils mit einer Betriebsbegehung und einem Fachvortrag verbunden ist, wobei die gesammelten Erfahrungen ausgetauscht werden.

Die Mehrzahl der Netzwerke bleibt auch nach dieser Zeit bestehen, selbst wenn sich die Besetzung manchmal etwas verändert. Der Erfolg hat mehrere Gründe. Vor allem hilft der Erfahrungsaustausch unter den Energieverantwortlichen und die Betriebsbegehungen bei allen Teilnehmern. Viele Unternehmen wissen gar nicht, wieviel Geld sie sparen können, wenn sie beim Energieverbrauch ansetzen. »Es gibt in jeder Firma Potenziale, die man nicht vermutet«, berichtet etwa Lars Greiner von Vigar Deutschland, einem Hersteller von Kautschukmischungen. Zudem führt die Beratung zu einem Umdenken: Bisher achten die meisten Unternehmen allein auf die Amortisationszeit, wenn es um Investitionen zum Energiesparen geht. Die aufgewendeten Mittel sollen spätestens nach drei Jahren, manchmal sogar schon nach einem Jahr wieder hereingeholt sein. Das hat mit vernünftigen Investitionsentscheidungen meist wenig zu tun. »Wenn ein Druckluftkompressor 15 Jahre lang läuft«, sagt Professor Jochem, »sind drei Jahre Entscheidungsgrenze wenig sinnvoll.« Eine realistische Amortisationszeit von vier Jahren für einen sehr effizienten Kompressor heißt eine interne Verzinsung von 25 Prozent. Und das rentiert sich durchaus bei einem Zins von sechs oder acht Prozent für Fremdkapital.

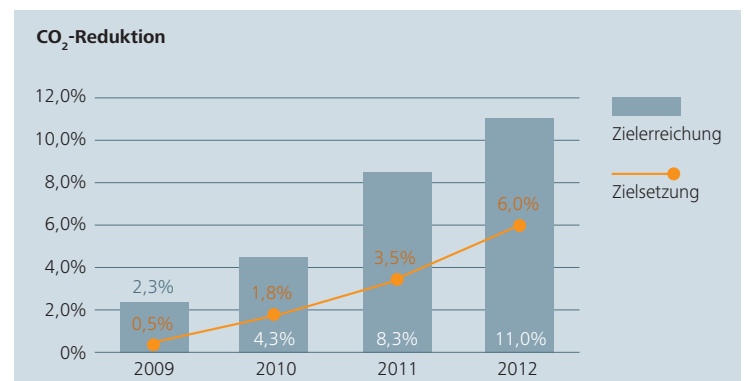
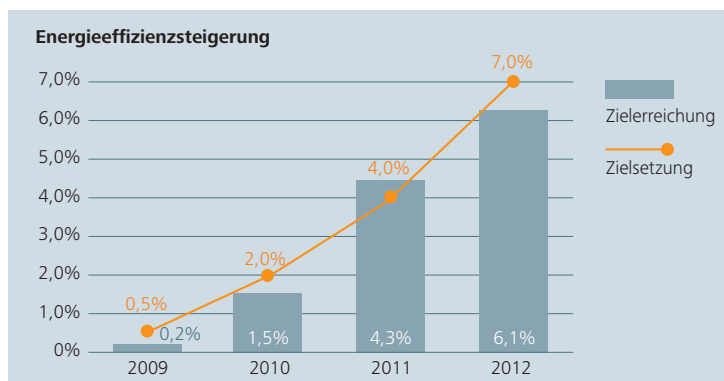
Neben der fachlichen Beratung spielt auch der Gruppendruck eine Rolle: Es entsteht so etwas wie ein ideeller Wettbewerb um die besten Ergebnisse unter den Energieverantwortlichen. Zudem werden sie im Betrieb wenig beachtet,

fallen aber plötzlich positiv auf, weil sie durch die Energiekostensenkungen zu einem guten Geschäftsergebnis beitragen. Sie profitieren vor allem von den Betriebsbegehungen, wie eine Umfrage bei den Beteiligten der 30 untersuchten Netzwerke gezeigt hat. Denn hier kann jeder gezielt nachfragen und erhält konkreten Anschauungsunterricht vom jeweiligen Energieexperten. Natürlich dürfen bei dieser Zusammenarbeit keine vertraulichen Daten in die falschen Hände gelangen. Wettbewerber mit den gleichen Kunden sollen deshalb nicht in demselben Netzwerk zusammenarbeiten. Zudem sind die konkreten Daten der einzelnen Unternehmen – wie das angestrebte Sparziel oder die Ergebnisse des jährlichen Monitorings – vertraulich. Nur die Gruppenziele, also die Summe aller Einzelziele, werden bekannt gegeben.

 www.leen.de

Etwa 750 Betriebe sind derzeit in LEEN-zertifizierten Netzwerken organisiert. Es könnten aber mehr als 10 000 sein. Das Fraunhofer ISI und das Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IREES) in Karlsruhe haben hochgerechnet, wie eine entsprechende Zukunft aussähe: Schon 100 Netzwerke mit jeweils 13 Teilnehmern würden nach drei bis vier Jahren 1,3 Millionen Tonnen Kohlendioxid pro Jahr vermeiden helfen. Nach optimistischer Schätzung könnten bis zum Jahr 2020 insgesamt 400 Netzwerke tätig sein. Das ergäbe einen Rückgang der Klimagasemissionen von etwa fünf Millionen Tonnen jährlich.

Um diese Chance nutzen zu können, braucht es die Unterstützung von Politik und Verbänden. Zudem muss das Konzept bekannter werden. Trotz seines nachgewiesenen Erfolgs wissen derzeit viele Unternehmer kaum etwas davon. ■



Blick in den Sonnenofen

Für das internationale Fusions-Forschungsprojekt ITER entwickeln Fraunhofer-Forscher einen Sensor, der extremen Bedingungen standhält.

Text: Monika Weiner

Theoretisch lassen sich die Energieprobleme der ständig wachsenden Weltbevölkerung ganz leicht lösen. Alles was man braucht, ist Wasserstoff – ein Element, das im Universum reichlich vorhanden ist. Bringt man die Kerne von Wasserstoffatomen zum Verschmelzen, entsteht Helium und dabei wird Energie frei. Viel sogar: In einem einzigen Gramm Wasserstoff steckt der Energieinhalt von mehr als acht Tonnen Erdöl. Dieser Fusionsprozess erzeugt seit Jahrmillionen im Inneren der Sterne Licht und Wärme. Das Prinzip hat sich also mehr als bewährt.

Kein Wunder, dass Forscher auf der ganzen Welt davon träumen, die schier unerschöpfliche Energiequelle auch auf der Erde anzuzapfen. Dies ist freilich nur möglich, wenn man ähnliche Bedingungen schafft, wie sie im Inneren eines Sonnenofens herrschen: Der Wasserstoff muss auf über hundert Millionen Grad erhitzt und verdichtet werden. Die extremen Temperaturen und Drücke sind notwendig, um die abstoßende Kraft, welche die positiv geladenen Atomkerne auf Distanz hält, zu überwinden.

In kleinen Forschungsreaktoren ist es bereits gelungen, für kurze Zeit Wasserstoff soweit zu konzentrieren, dass er zu Helium fusioniert. Energie wurde damit bisher allerdings keine gewonnen – der Stromverbrauch der Reaktoren war weit höher als der Output. Der endgültige Beweis, dass sich durch Verschmelzung von Wasserstoff tatsächlich Strom für die Netze produzieren lässt, steht daher immer noch aus.

Fusion auf der Erde: ein teures Ziel

Den Durchbruch soll jetzt ITER bringen, der »International Thermonuclear Experimental Reactor«. Ein Mammut-Projekt, in dem die Forschungspartner – Europa, Japan, Russland, die USA, China und Südkorea – ihr Know-how bündeln. 5,5 Milliarden Euro investieren sie in ITER, hunderte von internationalen Teams sind an der Planung und Realisierung beteiligt. Anfang des nächsten Jahrzehnts soll der Reaktor im südfranzösischen Cadarache in Betrieb gehen. Wenn alles klappt wie geplant, läuft der Fusionsprozess nach dem Zünden bis zu 60 Minuten stabil weiter.

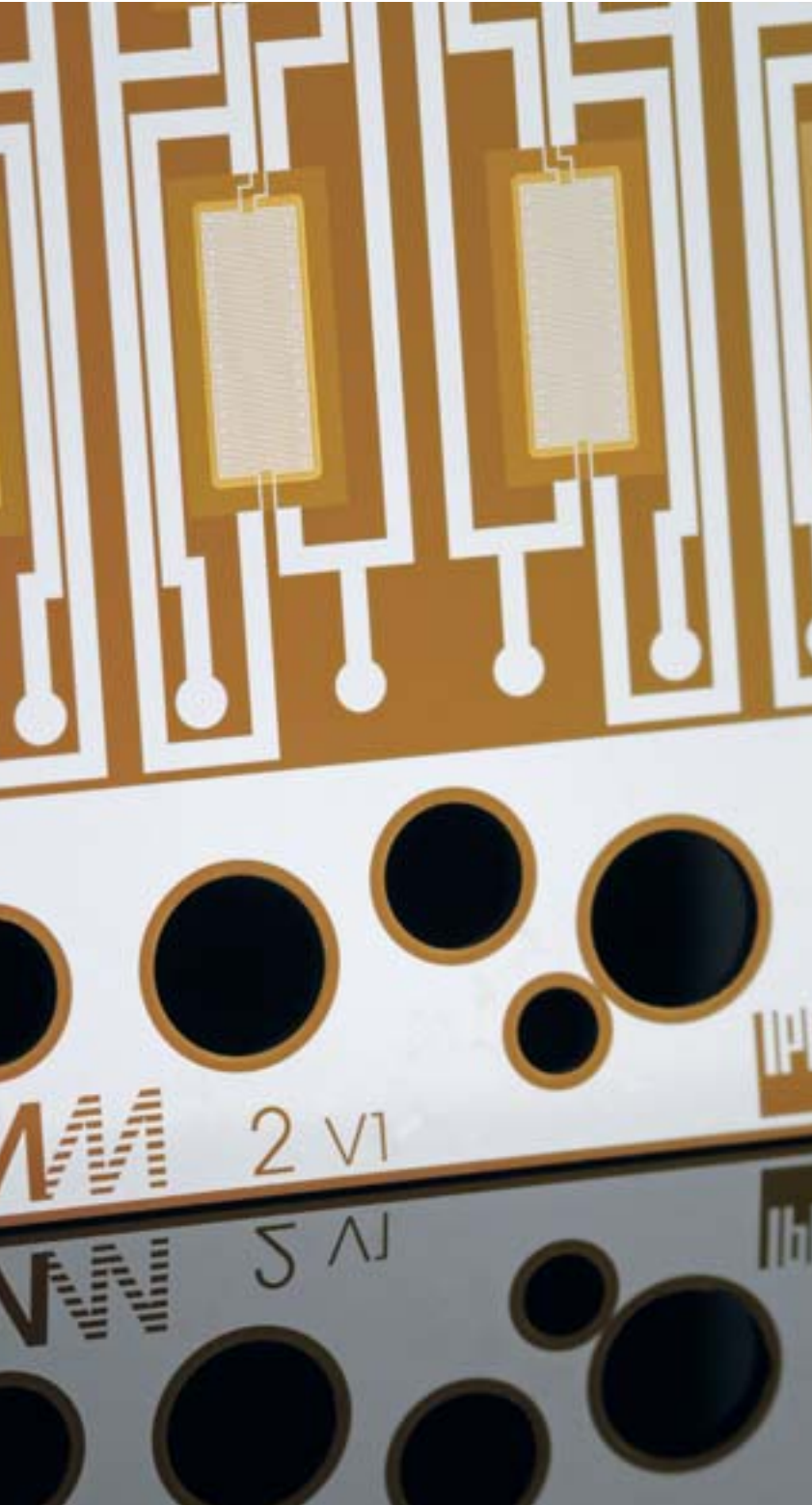
Herzstück der Anlage wird ein ringförmiges Vakuumgefäß, umgeben von supraleitenden Magnetspulen. Auf den Konstruktionszeichnungen sieht es aus wie ein überdimensionaler Doughnut. In seinem Inneren wollen Wissenschaftler sonnenähnliche Verhältnisse schaffen: Das Gas im Vakuumgefäß wird mit Mikrowellenstrahlung angeregt. Dabei verliert der Wasserstoff seine Elektronen – es entsteht ein Plasma aus positiv geladenen Ionen. Diese werden in dem kreisförmigen Magnetfeld beschleunigt wie auf einer Rennbahn. Die zunehmende Temperatur und Dichte führen schließlich dazu, dass die Kerne verschmelzen.

Ionen auf der Rennbahn

All das funktioniert freilich nur, wenn genau die richtigen Bedingungen herrschen. »Beim Betrieb von Fusionsanlagen muss der Plasmaeinschluss überwacht und gesteuert werden. Kontrollieren lassen sich die Bedingungen beispielsweise durch Variation der Magnetfeldstärke, der eingebrachten Energie oder der Teilchen«, erklärt Dr. Peter Detemple vom Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT-IMM in Mainz. »Besonders wichtig ist es, einen abrupten Zusammenbruch des Plasmaeinschlusses zu vermeiden. Dieser würde die Anlage beschädigen, weil innerhalb kürzester Zeit die gesamte im Plasma gespeicherte Energie auf die Wand des Vakuumbehälters übertragen würde.«

Im Auftrag des europäischen ITER-Partners Fusion for Energy erarbeitet Detemples Team gemeinsam mit den Wissenschaftlern am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching eine Messtechnik für den neuen Reaktor. Keine leichte Aufgabe, denn die Sensorik muss den extremen Bedingungen im Inneren des Vakuumbehälters standhalten: Wandtemperaturen von 450 Grad Celsius und dem ständigen Bombardement durch Neutronen und Röntgenstrahlung, die bei der Fusionsreaktion frei werden. »Das sind schon sehr harsche Bedingungen«, resümiert der Physiker.





Besondere Umstände erfordern besondere Technik. Bolometer-Kameras – eine Entwicklung des Max-Planck-Instituts – entpuppten sich als ideal: Sie verfügen über ein ausgetüfteltes Blenden-System, das Streulicht abhält und den Blick auf einen extrem kleinen Fleck konzentriert. »So lässt sich das Plasma in einer genau definierten Richtung beobachten«, berichtet Detemple. Sein Team entwickelt den Chip, der im Inneren der Bolometer-Kameras die Strahlung des Plasmas detektiert und in Messsignale umwandelt. Auch dies ist keine einfache Aufgabe – das Spektrum reicht von langwelligem Infrarot bis zu extrem harten Röntgenquanten.

Kleiner Sensor großer Durchblick

Der Prototyp ist mittlerweile fertig: ein etwa 2,5 mal 3 Zentimeter kleines Siliziumplättchen mit Fensteröffnungen, die von einer hauchdünnen Membran überspannt werden. Auf der Vorderseite der Membran befindet sich ein Absorber aus Platin, einem Material, das resistent ist gegen die Neutronenstrahlung, die bei der Fusion frei wird. Auf der Rückseite ist ein präzises Widerstandsthermometer angebracht.

Fällt nun Strahlung auf den Platin-Absorber, so erwärmt sich dieser und der Widerstand des Detektors auf der Rückseite steigt an. »Auf diese Weise können wir die Intensität der vom Plasma ausgesendeten Strahlung über einen breiten Spektralbereich ermitteln«, erklärt Detemple. »Diese Größen sind entscheidend für die Steuerung und Überwachung von Fusionsanlagen.« Bei ITER ist geplant, mehrere hundert dieser Bolometer-Kameras einzusetzen – angebracht an verschiedenen Stellen im Vakuumgefäß sollen sie die räumliche Lage und Intensitätsverteilung des Plasmas ermitteln.

Den ersten Härtest hat die neue Sensorik schon bestanden: im Münchner Forschungsreaktor ASDEX-Upgrade und anderen internationalen Fusionsforschungsanlagen. Jetzt muss die Technik noch robuster werden. Vor allem die extrem hohen Temperaturen, die im ITER herrschen werden, sind eine Herausforderung. »Wir können dabei glücklicherweise auf Erfahrungen zurückgreifen, die wir bei der Entwicklung von Dünnschichtsensoren für Kunden aus der Medizintechnik und der Chemischen Industrie gesammelt haben. Auch da muss die Sensorik unter extremen Bedingungen funktionieren«, so Detemple. Dennoch muss sein Team derzeit die eigenen Grenzen überschreiten: »So hoch wie im ITER-Projekt waren die Anforderungen noch nie.«

Aber es geht ja auch um etwas ganz Besonderes: Die Technik ist ein wichtiger Baustein im riesigen Forschungsmosaik des ITER. Und damit wird sie vielleicht eines Tages dazu beitragen, die Energieprobleme der Menschheit zu lösen. ■

Ende der Verschwendung

Produktionsplaner achten bei Fabrikabläufen nicht nur auf eine reibungslose Prozesssteuerung, sondern auch auf den wirtschaftlichen Einsatz von Material und Energie. Mit Hilfe einer Softwareplattform lassen sich Prozessdaten analysieren und bewerten.

Text: Andreas Beuthner

Wieviel Energie benötigt der Roboter zum Verschweißen der Autotür? Bisher können Fabrikplaner solche Detailfragen nur selten beantworten. Handfeste Zahlen wären aber für eine nachhaltige und ressourcenschonende Produktion hilfreich. Vor allem wenn es darum geht, Prozesse gesamtheitlich zu beschreiben und zu bewerten. »Es genügt nicht mehr auf Maschinenebene den Verbrauch zu messen, sondern man muss bis auf die Prozessschrittebene hinunter analysieren können«, sagt Alexander Schneider, Projektleiter am Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT in Sankt Augustin.

Detaillierte Messdaten aus den einzelnen Fertigungsschritten sind für die Softwareexperten die Basis, auf der sich verschiedene Produktionsszenarien realitätsnah und mit hoher Genauigkeit abbilden und durchrechnen lassen. Die dafür entwickelte Softwareplattform wertet Daten aus allen Prozessschritten einer Produktion aus und führt eine systematische Analyse von Energie- oder Zustandsinformationen aus. »Die größte Herausforderung bestand darin, die Vielzahl der beteiligten Geräte mit ihren unterschiedlichen Protokollen und Schnittstellen in ein Gesamtsystem zu integrieren«, sagt Schneider.

Energieverbrauch optimieren

Mit dem Programm des Fraunhofer-Instituts lassen sich Energieverbrauch und CO₂-Relevanz von Produktionsprozessen ermitteln. Modellbasierte Berechnungen aus den aktuellen Verbrauchsdaten zeigen beispielsweise die tatsächliche Leistungsaufnahme einer Fertigungslinie oder kalkulieren den Strombedarf je Prozessschritt bei unterschiedlicher Auftragsabwicklung. Der Vorteil: Der Energieverbrauch einer Anlage lässt sich optimal auf den Bedarf abstimmen, Lastspitzen und Verlustleistungen werden redu-

ziert. Die Crux liegt allerdings in der Vielzahl der Datenquellen und Schnittstellen der Gerätehersteller. In der Fertigung dominieren hochgetakte Montagegeräte und Maschinen mit anlagenspezifischen Verbrauchsanforderungen, während in der Logistik Materialfluss und Transportwege entscheidend sind. In beiden Fabrikbereichen gehorchen Planungs- und Steuerungsdaten eigenen Regeln und Methoden. So passiert es, dass im Fabrikalltag der Informationsfluss stockt oder unerwartete Ereignisse die Produktion aus dem Takt bringen. Dann schalten Maschinen in den Schlafmodus, während Handlingroboter noch Teile an die Linie heranschaffen – oder umgekehrt. Die Anlagentechnik steht voll unter Strom, aber Peripheriegeräte und Nebenprozesse gehen in den Stand-by-Betrieb.

Weit verbreitet sind bereits Sensoren, die in jedem Fabrikbereich Messwerte aus dem laufenden Betrieb festhalten. Je nach Branche, Auslastung oder Anlagentechnik entstehen in den Messstationen stündlich Datensammlungen aus mehreren Hundert Megabyte, die meist der Qualitätskontrolle oder als rückgeführte Prozessdaten im Leitstand zum Basisabgleich dienen. »Der Fortschritt liegt in der Vernetzung der einzelnen Messstellen«, erläutert Alexander Schneider. Dadurch werden größere Produktionsbereiche und das aktuelle Prozessgeschehen sichtbar – mitsamt Engpässen oder Überschüssen beispielsweise bei der Energieversorgung.

Lange Zeit galten die Vernetzung der vorhandenen Sensorik und das umfassende Auswerten von Messdaten als aufwändig und störanfällig. Denn aufgrund der steigenden Komplexität der Produktionssysteme und der Fabrikumgebung ist es gar nicht so einfach, den Ist-Zustand jeder Komponente und Baugruppe zu erfassen und einer weiterreichenden Analyse zu unterziehen. Fehlende Schnittstellen oder nicht kompatible

Datensätze erschweren in vielen Fällen eine zeitnahe informationstechnische Auswertung. Setzt man zusätzlich Messtechnik ein, um Daten über Energie- und Materialströme zu gewinnen, stößt deren Auswertung mitunter an Kapazitätsgrenzen.

Das ändert sich mit der serviceorientierten Softwareplattform der Fraunhofer-Forscher. Diese Middleware verbindet mehrere Subsysteme. Darüber lassen sich Geräte und Maschinen mit ihren jeweiligen Betriebsdaten einfach einbinden und analysieren. Die flexibel erweiterbare Softwareplattform erlaubt ein pragmatisches Nutzungskonzept: Zuerst integriert man lediglich die bereits existierenden Datenquellen. Später kommen schrittweise zusätzliche Sensoren dort hinzu, wo diese benötigt werden. Die Möglichkeiten sind vielfältig. Neben den Sensoren zur reinen Datenerhebung können auch Aktuatoren integriert werden, die man je nach Datenlage ansteuert, um spezifische Anpassungen in der Produktion durchzuführen. »Mithilfe der Softwaremodule und einer ausreichenden Datenbasis lassen sich ein effizientes Energiecontrolling aufbauen, Energiesparpotenziale entdecken und daraus Verbesserungsmaßnahmen ableiten«, fasst Schneider zusammen.

Die Forscher wollen das System weiter ausbauen. Geplant ist ein nachhaltiges Energiemanagement, das den Energieeinsatz optimiert und kostspielige Lücken zwischen dem Strombezug und der tatsächlich benötigten Energie in der Produktion unterbindet. Das Ziel ist ein fortwährender Verbesserungsprozess anhand kontinuierlicher Messungen und vordefinierter Leistungs-

Eine nachhaltige, ressourcenschonende Produktion wird für Unternehmen zunehmend zur entscheidenden Wettbewerbskomponente. © Jochen Lübke/dpa





kennzahlen. Die Energieverschwendung durch unkontrollierte An- und Nachlaufverluste der Anlagen oder überflüssige Stromzufuhren gehört der Vergangenheit an. »Ein zweistelliger Prozentwert an Einsparungen ist kein Einzelfall«, weiß Schneider.

Doch wie lässt sich das System bedienen?

»Damit der Mensch reibungslos mit dem System

aus Software und Sensorik sowie den einzelnen Maschinen interagieren kann, stehen verschiedene Bedienoberflächen zur Verfügung, wahlweise auf stationären Computern, aber auch speziell angepasst an mobile Endgeräte wie Tablets. So können auch direkt an der Anlage unterschiedliche Situationen analysiert und optimiert werden«, erläutert Dr. Markus Eisenhauer, Leiter des Forschungsbereichs User-

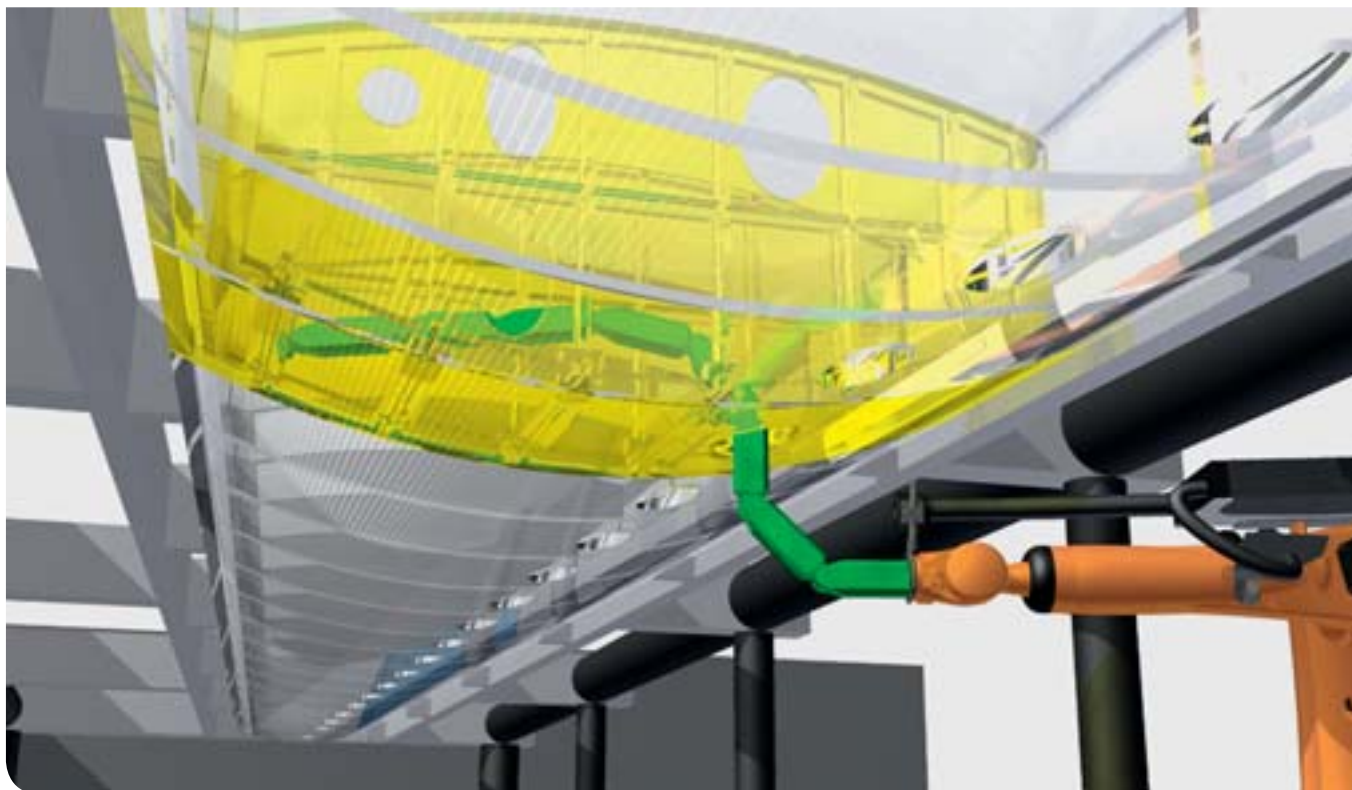
Centered Computing am FIT. In Zukunft soll diese Kombination aus vernetzten Messpunkten und Datenanalytik nicht nur eine energie-kostenoptimierte Fabrikplanung ermöglichen, sondern auch die »Intelligenz« der Maschinen und damit den Automatisierungsgrad der Produktion weiter steigern. Im Zentrum der Datenverarbeitung stehen Materialfluss und Maschinenlaufzeiten. ■



Flugzeugtragflächen automatisiert montieren

Flugzeugtragflächen werden bislang manuell montiert. Künftig lässt sich der Prozess automatisieren. Ein neuartiger, schlangenförmiger Roboter gelangt selbst in die hintersten Winkel der Tragflächen, um dort Komponenten zu verschrauben.

Text: Britta Widmann



Wie eine Schlange windet sich der Roboter durch die enge Öffnung in den Innenraum der Tragfläche. Mit seinen kurzen Dreh- und Kippgelenken erreicht er den hintersten Winkel der Kammer. © Fraunhofer IWU

Das Flugaufkommen hat in den letzten Jahrzehnten rasant zugenommen. Der Flugzeughersteller Airbus geht davon aus, dass es sich bis 2030 verdreifachen wird. An einem einzigen Tag verzeichnet beispielsweise der Frankfurter Flughafen mehr als 1300 Starts und Landungen. Dies entspricht einer Passagieranzahl von ungefähr 155 000 pro Tag alleine in Frankfurt. Um den entsprechend hohen Bedarf an Transportmitteln zu decken, ist eine Modernisierung der Fertigungsabläufe im Flugzeugbau unumgänglich.

Bislang erfolgt die Flugzeugmontage meist noch per Hand. Um die Produktion anzukurbeln, müssen manuelle Abläufe automatisiert werden. Bei einigen Prozessen im Flugzeugbau ist das problemlos möglich, bei der Montage der Tragflächen hingegen sind die Flugzeughauer herausgefordert. Der Grund: Die Montage erfolgt vor allem im Innern der Tragflächen – in nebeneinander angeordneten Kammern. Zugang zu diesen Arbeitsräumen gewähren Mannlöcher – für das Montagepersonal ist es sehr mühsam, durch die nur 45 Zentimeter langen und 25 Zentimeter breiten Öffnungen in die Tragflächen zu klettern, um dort die Tragflächenkomponenten mit Passschrauben zu befestigen und Nahtstellen abzudichten. Pro Tragfläche fallen rund 3000 Passbohrungen an. Dementsprechend zeitaufwändig und körperlich anstrengend ist die Prozedur. Hinzu kommen gesundheitliche Belastungen durch Dämpfe, die beim Abdichten entstehen.

Schlankes, verschränkungsfähiges Robotersystem für Innenräume

Konventionelle Industrieroboter gelangen nicht durch die engen Öffnungen. Mit ihren starren Gliedern erreichen sie auch nicht den hintersten Winkel der bis zu fünf Meter langen Arbeitsräume. Erforderlich ist ein schlanker Roboter, der zudem verschränkungsfähig ist. Ein solches Modell mit beweglichen Gliedern entwickeln Forscher am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz. »Der Roboter besteht aus acht Achsgelenken. Durch die seriell verketteten kurzen Dreh- und Kippgelenke kann er sehr enge Bahnradien abfahren und sich in die entgegensten Ecken der Kammern schlängeln. Wir nennen ihn auch Schlangenroboter«, sagt Marco Breitfeld, zuständiger Projektleiter am IWU.

Am vordersten der acht Glieder wird das Werkzeug befestigt – alternativ lässt sich auch eine Kamera für Inspektionsaufgaben anbringen. Der insgesamt zweieinhalb Meter lange Roboter ist in der Lage, bis zu 15 Kilogramm schwere Werkzeuge zu tragen – zusätzlich zu seiner Eigenlast.

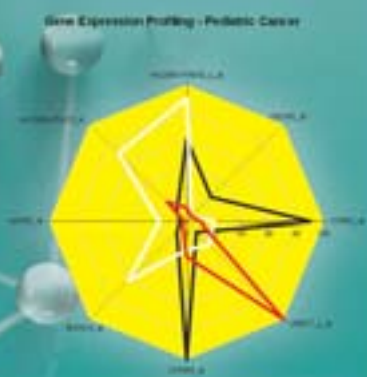
Angetrieben wird die Roboterkinematik durch einen ausgetüftelten Mechanismus – das Getriebe wird derzeit zum Patent angemeldet: Aufgrund der kompakten Bauweise der einzelnen Roboterglieder scheidet ein konventioneller Motor aus. Breitfeld und sein Team haben in jedem der acht Glieder einen sehr kleinen Motor verbaut – dennoch bringt es der Antrieb auf ein sehr hohes Drehmoment von bis zu 500 Newtonmeter. In Kombination mit Seilzug und Spindeltrieb ermöglicht er die hohe Beweglichkeit der einzelnen Glieder, die sich jeweils in einem Bereich von 90 Grad verdrehen lassen. »Das Antriebskonzept erlaubt einen Einsatz überall dort, wo hohe Kräfte und Momente auf engstem Raum benötigt werden. Im Flugzeugbau, aber auch im automobilen Karosserie- oder im Kraftwerksbau braucht man solche kompakten Automatisierungslösungen«, so Breitfeld.

Geplant ist, den 60 Kilogramm schweren Roboter auf eine mobile Plattform oder eine Schiene zu montieren, so dass er unter den Tragflächen entlangfahren und sich in jede der Kammern schlängeln kann. Hierfür kann man beispielsweise auf mobile Roboterplattformen zurückgreifen, wie sie im EU-Projekt VALERI kürzlich vom Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und Automatisierung IFF vorgestellt wurden. Derzeit testen die Forscher vom IWU das mechanische Konzept sowie die Steuerung. Bis Ende 2014 soll ein Komplettaufbau des mit acht Robotergliedern ausgestatteten Systems entstehen. ■

Der einfachste Weg, Daten zu analysieren und präsentieren!



SIGMAPLOT
Exact Graphs and Data Analysis



Gene Expression Profiling - Pediatric Cancer

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

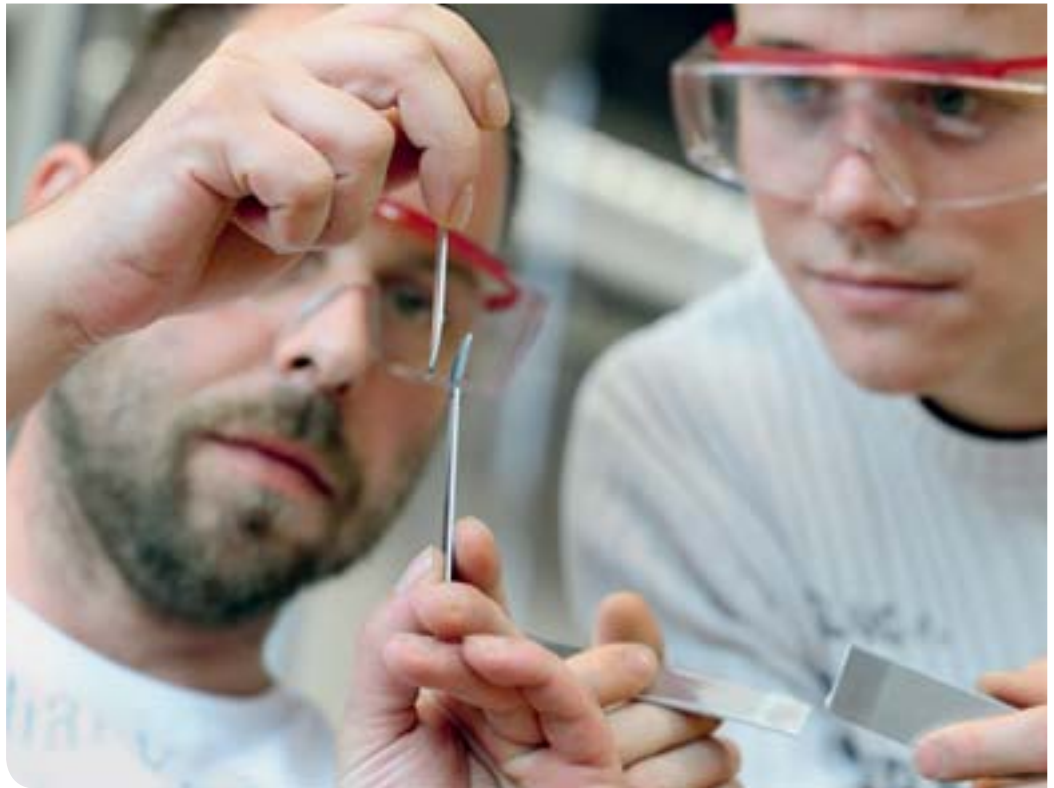
(Bitte FM0614 angeben)

www.systat.de/FM.html

Richtig kleben

Die »Fügetechnik des 21. Jahrhunderts«, das Kleben, ermöglicht phänomenale Technologiesprünge. Allerdings nur, wenn sie auch fachgerecht angewendet wird. Seit 20 Jahren bietet das Klebtechnische Zentrum des Fraunhofer IFAM in Bremen spezielle Weiterbildungen an.

Text: Kai-Uwe Bohn



Geklebt in Bremen: Teilnehmer des Weiterbildungsprogramms im Klebtechnischen Zentrum des IFAM.
© Fraunhofer IFAM

Die Ansprüche an moderne Produkte und Bauteile sind in den vergangenen Jahrzehnten enorm gestiegen: Sie sollen kleiner, leichter und schneller werden und dabei auch noch ökologisch verträglich und preiswert sein. »Gleichzeitig stellen die Nutzer immer höhere Anforderungen an die Gebrauchseigenschaften. Alle diese Forderungen lassen sich aber nur erfüllen, wenn die unterschiedlichsten Werkstoffe ideal miteinander kombiniert werden«, sagt Prof. Dr. Andreas Groß vom Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen. Doch dabei stoßen Nieten und Schweißen schnell an ihre Grenzen. Deshalb gilt Kleben als die Fügetechnik des 21. Jahrhunderts.

Wissenschaftler des IFAM erforschen und entwickeln seit Jahrzehnten für Industriepartner hochmoderne Klebstoffe und -prozesse, die bahnbrechende Neuerungen erst möglich machen. Das Problem vor einem Vierteljahrhundert:

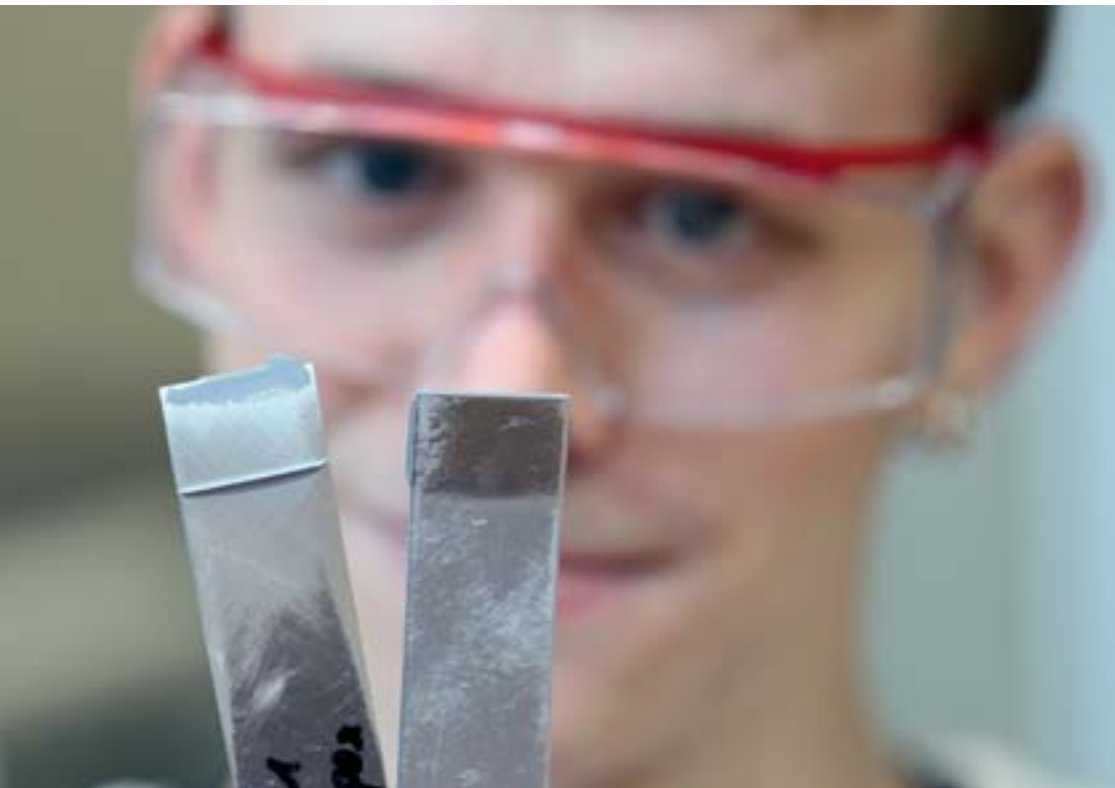
Die Umsetzung der neuen technologischen Möglichkeiten verlief nicht überall optimal. Aber was nutzt die beste und innovativste Technologie, wenn man sie nicht richtig anwendet? »Uns war schnell klar: Wenn die Klebtechnik ihr ganzes Potenzial entfalten und am Markt erfolgreich sein soll, ist die Weiterbildung der Fachkräfte ein zentraler Baustein für Qualität«, betont Groß. So begann das IFAM vor 20 Jahren, spezielle Schulungen für die Fügetechnik Kleben anzubieten.

»Anfang 1994 startete unser erster Kurs zum Klebpraktiker – mit neun Teilnehmern. Am Ende des Jahres hatten wir immerhin schon 30 Fachkräfte in der richtigen Anwendung der Klebtechnik geschult«, erinnert sich Groß, der die Abteilung Weiterbildung und Technologietransfer leitet. Aus diesen bescheidenen Anfängen entwickelte sich das Klebtechnische Zentrum in Bremen: Mittlerweile hat das IFAM mehr als 6000 Klebpraktiker, Klebfachkräfte und Klebfachingenieure ausgebildet. Die Weiterbildung

ist vom Deutschen Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. (DVS) und der European Federation for Welding, Joining and Cutting (EWF) anerkannt.

Weiterbildung zentraler Baustein

Vorbild für die neuen Qualifizierungsangebote war das Schweißen. Diese Fügetechnik schaffte durch strukturierte und zertifizierte Weiterbildungen um 1930 ihren endgültigen Durchbruch: Die Qualität der Schweißnaht wurde auch durch das gut geschulte Personal gesichert. So sollte es beim Kleben ebenfalls sein. Das IFAM erarbeitete seine Weiterbildungslehrgänge gemeinsam mit dem erfahrenen Schweiß-Fachverband DVS. Der Ansatz erwies sich als richtig: Die Teilnehmerzahlen stiegen kontinuierlich. Inzwischen sind die Kurse sogar international: Fraunhofer-Experten lehren das richtige Kleben zum Beispiel in den USA, China, Südafrika, Brasilien, Südkorea und vielen osteuropäischen Ländern. Seit Dezember



20 Jahre Klebtechnisches Zentrum

Mehr als 6000 Menschen hat das Klebtechnische Zentrum in den vergangenen zwei Jahrzehnten geschult. Die Weiterbildung erfolgt in drei Kategorien. Zielgruppe der Klebpraktiker-Lehrgänge (Dauer: 40 Stunden) sind Facharbeiterinnen und Facharbeiter, die Klebungen vornehmen und dabei Arbeitsanweisungen verstehen und fachgerecht umsetzen sollen. 120 Stunden dauert der Lehrgang zur Klebfachkraft für Personen mit Leitungsfunktion: Nach der Schulung können sie klebtechnische Arbeitsanweisungen entwerfen sowie Personal anleiten und überwachen. Die Weiterbildung zum Klebfachingenieur (320 Stunden) ist für technische Entscheider interessant: Wer hier erfolgreich war, überblickt die vielschichtigen Möglichkeiten der Klebtechnik, versteht ihren interdisziplinären Ansatz und kann beurteilen, wo und wie man klebtechnische Lösungen am besten einsetzt.



www.kleben-in-bremen.de

2006 ist das IFAM zudem »Anerkannte Stelle des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) für die Klebtechnik«. Das Institut überwacht als eine von zwei Einrichtungen in Deutschland die DIN 6701-2 für das Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen.

Auch die Industrie schätzt das Qualifizierungsangebot des Klebtechnischen Zentrums: »Unsere Firma nutzt diese Weiterbildungen seit Jahren intensiv«, sagt Dr.-Ing. Jan-Dirk Glaser von der ALSTOM Transport Deutschland GmbH. »Durch ist die Akzeptanz für das Kleben enorm gestiegen. Viele Kollegen haben dort das Kleben überhaupt erst als alternative Füge-technologie kennengelernt. Mittlerweile wird bei uns zunehmend die Frage gestellt: Können wir das nicht auch einfach kleben?« Auch Ralph Weidling, Geschäftsführer des mittelständischen Klebstoffherstellers WEICON GmbH & Co. KG aus Münster, ist mit dem Weiterbildungsangebot zufrieden: »Mehr als 100 unserer Mitarbeiterinnen

und Mitarbeiter sind mittlerweile im Klebtechnischen Zentrum zu Klebpraktikern, Klebfachkräften und einem Klebfachingenieur qualifiziert worden. Die Investition hat sich gelohnt: Unser Personal ist hervorragend geschult.«

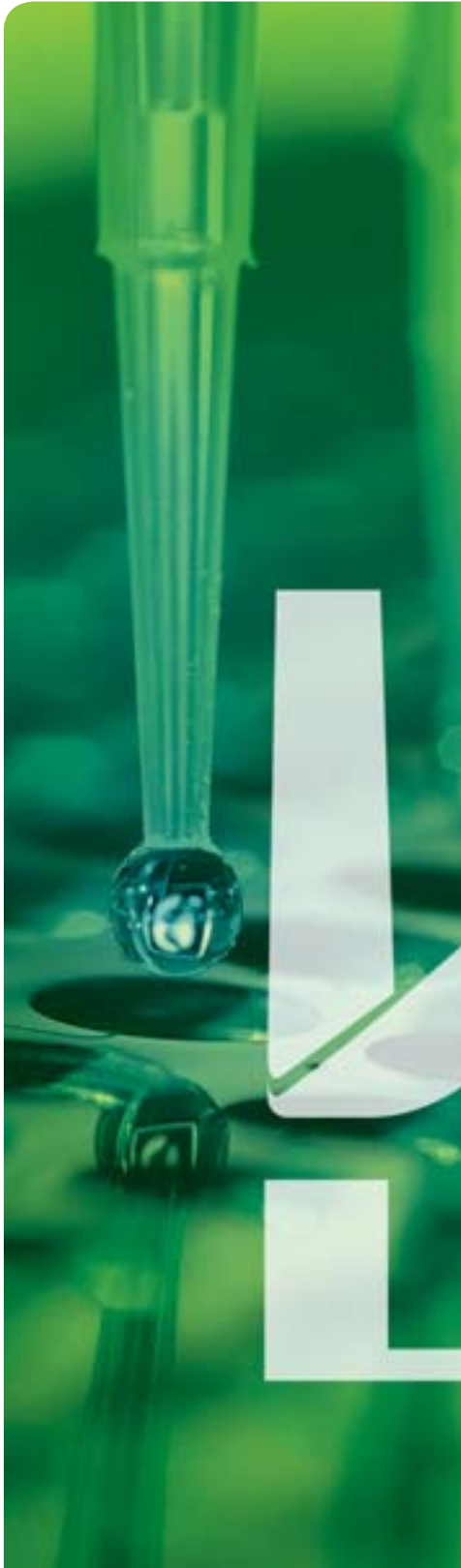
Partner bieten zertifizierte Weiterbildung

Mittlerweile ist das Bremer Klebtechnische Zentrum Weltmarktführer in der klebtechnischen Personalqualifizierung. Allerdings kann es trotz mehrfacher Ausbauten am Standort in Bremen, Kursen im Ausland und regelmäßigen Inhouse-Seminaren bei Firmen den Ansturm der Wissbegierigen für die drei Lehrgangsformen schon längst nicht mehr alleine bewältigen. Die Lösung: Partner in Hamburg, Landshut, Ulm sowie in den Niederlanden, den USA und China führen die zertifizierten Weiterbildungen unter Aufsicht des Bremer Instituts ebenfalls durch. »Vor allem in China ist das Interesse sehr stark«,

berichtet Andreas Groß. Dort kooperieren die Bremer mit einem Unternehmen in Shanghai.

Für den IFAM-Experten ist und bleibt die Fortbildung der Anwender der Dreh- und Angelpunkt des Erfolgs dieser Füge-technik. »Die Qualität einer Klebung lässt sich nicht zu 100 Prozent zerstörungsfrei prüfen. Wenn ich also sicher gehen will, dass sie trotzdem hält, ist dies nur durch ein ausgefeiltes Qualitätsmanagement möglich – und dazu gehört, dass mein Personal bestmöglich qualifiziert ist. Ich muss mich darauf verlassen können, dass es alles richtig macht«, betont Groß.

»Bei Luftfahrt, Windenergie, Automobil- und Schiffbau hat sich in Sachen Klebtechnik schon einiges getan. Doch auch hier liegen noch ungeahnte Potenziale brach. Die wollen in den kommenden Jahren auch noch erschlossen werden. – und dafür braucht es qualifizierte Fachleute«, plant der Kleb-Experte Andreas Groß weiter. ■





Schnelle Unterstützung für die Industrie

Mit angewandter Forschung ist Fraunhofer näher an der Wirtschaft als andere Wissenschaftsorganisationen. Ein neues Instrument, mit dem Fraunhofer noch besser auf die Bedarfe der Industrie eingehen will, sind Leitprojekte. Deren Ziel ist es, Wissen und Technologien neu zu verknüpfen, so dass durch gebündelte Kompetenzen schneller marktfähige Produkte entstehen.

Text: Mandy Kühn

Zellfreie Bioproduktion

- **Auftrag:** zellfreie Biotechnologie in industriellem Maßstab nutzbar machen
- **Ziel:** Entwicklung einer Produktionsplattform zur Synthese maßgeschneiderter Proteine im Industriemaßstab
- **Volumen:** 21 Mio Euro
- **Beteiligte Fraunhofer-Institute:** IBMT, IGB, IME, IPA, IPK, ISI, ISIT, IZM, Zentrale

Elektromobilität II

- **Auftrag:** Elektromobilität zur Anwendung verhelfen
- **Ziel:** Überführung der verschiedenen Forschungsergebnisse in marktrelevante Produkte
- **Volumen:** 11,7 Mio Euro
- **Beteiligte Fraunhofer-Institute:** ICT, IDMT, IFAM, IIS, IISB, ILT, IPA, IPT, ISE, ISIT, IVI, IWES, IWM, IWU, LBF, UMSICHT

E³-Produktion

- **Auftrag:** maximale Wertschöpfung bei minimalem Ressourceneinsatz
- **Ziel:** Beitrag zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung; KMUs und Großunternehmen für die E3-Produktion befähigen
- **Volumen:** 9 Mio Euro
- **Beteiligte Fraunhofer-Institute:** FIT, IBP, ICT, IFF, IGB, ILT, IML, IPA, IPK, IPT, IWU, UMSICHT

Kritikalität Seltener Erden

- **Auftrag:** wirtschaftsstrategische Rohstoffe sicherstellen für den Standort Deutschland
- **Ziel:** Einsparung von bis zu 50 Prozent der Seltene-Erden-Metalle Neodym und Dysprosium für Permanentmagnete in Elektromotoren und langfristig deren komplette Substitution
- **Volumen:** 9 Mio Euro
- **Beteiligte Fraunhofer-Institute:** IWM, IWU, IWKS, IFAM, LBF, IGB, ISI

Menschen werden mobiler, Rohstoffe knapper, die Produktion komplexer – die deutsche Wirtschaft muss mit dieser Entwicklung Schritt halten und Lösungen für damit einhergehende Probleme finden. Nur so ist sie in der Lage, sich auch künftig im globalen Wettbewerb zu behaupten. »Mit den Leitprojekten wollen wir zeigen, dass Fraunhofer seine Kompetenzen über Fachbereiche hinweg flexibel bündeln kann, um schnelle Antworten auf die drängenden Fragen der Industrie zu geben und damit den Standort Deutschland zu stärken«, erklärt Professor Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, den Zweck der Leitprojekte.

In den einzelnen Projekten schließen sich mehrere Fraunhofer-Institute interdisziplinär zusammen und nutzen ihre Synergien. Um rasch Ergebnisse zu erzielen, arbeiten die verteilten Teams innerhalb der Projektlaufzeit von drei bis vier Jahren parallel mit unterschiedlichen Schwerpunkten an den Themen. Auch Industriepartner sind frühzeitig eingebunden, damit der Bedarf des Markts immer im Blick bleibt. Ein wichtiges Kriterium ist, dass sich alle Leitprojekte durch ein hohes Maß an Originalität auszeichnen, so dass diese Innovationen schwer zu kopieren sind.

Was macht ein Projekt zum Leitprojekt? Vorschläge können sowohl von Fraunhofer-Instituten oder vom Vorstand als auch von externen Partnern kommen. Entschieden wird unter anderem nach Marktpotenzial, Wettbewerbs- und Fördersituation. Ein Projektbeirat – dem der Präsident, Gutachter, Institutsleiter und Industrievertreter angehören – verfolgt jährlich die Fortschritte und Meilensteine der Projekte. Bisher wurden fünf solcher Leitprojekte gestartet:

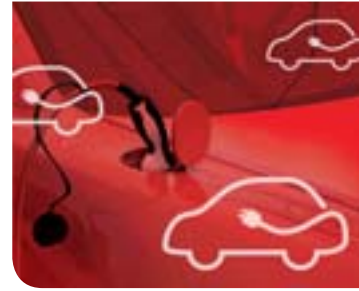


Zellfreie Bioproduktion: maßgeschneiderte Proteine aus dem Reaktor

Sie sind wichtiger Bestandteil von Impfstoffen und Diabetes-Medikamenten sowie Ausgangsstoff für Lebensmittel, Kosmetik oder Waschmittel: Proteine sind kleine Tausendsassas. Die Biomoleküle bilden den Grundbaustein aller Zellen und lassen sich nicht chemisch herstellen. Lange konnten sie nur in lebenden Zellen oder Organismen wie dem Bakterium *E. coli* erzeugt werden. Doch das Verfahren hat Nachteile: Zum einen brauchen der Stoffwechsel der Zellen und die spätere Reinigung des Produkts viel Energie. Zum anderen ist die Fertigung von toxischen Proteinen riskant, da sie mit ihrem Gift ihre Wirtszellen zerstören können. Zudem produzieren die Zellen neben den benötigten Biomolekülen auch ständig andere Proteine, um sich selbst am Leben zu erhalten. Eine wirtschaftliche Herstellung ist deshalb auf diesem Weg schwierig.

Wesentlich effizienter ist es, die Zellen quasi technisch nachzubauen. Fraunhofer-Forscher aus den Bereichen Life Sciences, Physik, Maschinenbau und Verfahrenstechnik arbeiten zusammen an einem industriellen Verfahren dafür. »Wir entwickeln ein neues Reaktorkonzept, bei dem flexibel einsetzbare Module die Proteine passgenau und im großen Maßstab synthetisieren können«, erklärt Projektkoordinator Professor Frank-Fabian Bier vom Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT in Golm. »Die einzelnen Module bilden die wichtigsten Komponenten der Proteinproduktion ab: die eigentliche Proteinsynthese, die anschließende Weiterverarbeitung und die Energiebereitstellung.« Es ist mehr eine große Herausforderung, die Zellen kontinuierlich mit chemischer Energie zu versorgen. In den lebenden Zellen übernehmen diese Aufgabe die Mitochondrien, im Reaktor werden die kleinen Zellkraftwerke technisch nachempfunden.

Das Konzept ermöglicht es, Biomoleküle kosten- und ressourcenschonend sowie mit vergleichsweise wenig biologischem Abfall herzustellen. Einen breiten industriellen Einsatz sehen Experten jedoch erst in einigen Jahren. Das Fraunhofer-Leitprojekt »Zellfreie Bioproduktion« ist Bestandteil des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) initiierten Strategieprozesses »Biotechnologie 2020+«.



Elektromobilität II: mehr Kraft und Ausdauer für E-Autos

Studien zeigen: Elektroautos sind leiser und schadstoffärmer als herkömmliche Kfz – und steigern so die Lebensqualität der Menschen in den Städten. Ein guter Grund für die Regierung, sich bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen zum Ziel zu setzen. 2013 waren zwar erst etwa 13 000 E-Fahrzeuge in Deutschland unterwegs. Doch vor allem auf den Märkten der großen Industrienationen begünstigen das steigende Umweltbewusstsein, die zunehmende Urbanisierung und gesetzliche Vorgaben die wachsende Nachfrage nach Elektroautos.

Bereits 2009 startete das Fraunhofer-Projekt Elektromobilität. Dabei haben Forscher mehrere Demonstratoren mit neuesten Technologien entwickelt. Im Leitprojekt werden die Aktivitäten weitergeführt. Die Schwerpunkte liegen auf drei Forschungsfeldern: Im Cluster »Antriebsstrang & Fahrwerk« arbeiten die Experten an zuverlässigen, leichten und kostengünstigen Antriebslösungen für Stadtfahrzeuge. Die Forscher entwickeln hierfür ein rein luftgekühltes Antriebssystem auf 48-Volt-Basis. Im Bereich »Batterie & Range Extender« spielen effiziente, günstig zu produzierende und sichere Batteriesysteme die Hauptrolle. Aber auch andere Lösungen für das Reichweitenproblem, wie Range Extender mit Brennstoffzellen, werden erforscht.

Nicht zuletzt stehen »Bauweisen & Infrastruktur« auf der Agenda des Leitprojekts. Hier untersuchen die Wissenschaftler – neben neuen Leichtbauweisen – zum einen, wie Technologien in den Fahrzeugen integriert sind, etwa neue Sensorsysteme für das autonome Fahren. Zum anderen, wie die Fahrzeuge selbst in ihrem Anwendungsumfeld – also Stadt, Land oder Netzinfrastuktur – eingebunden werden, zum

Beispiel durch Kommunikationsschnittstellen zur Umgebung. »Ziel des Projekts ist es«, so Koordinator Professor Matthias Busse vom Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen, »die verschiedenen Forschungsergebnisse der einzelnen Institute bis 2015 in marktrelevante Produkte zusammenzuführen.«

E³-Produktion: effizient – emissionsneutral – Einbindung Mensch

Die industrielle Produktion ist das Rückgrat des Wirtschaftsstandorts Deutschland. Um sie innovativ und wettbewerbsfähig zu halten, bedarf es neuer, übergreifender Ansätze und Technologien. Ressourcen wirksam einzusetzen, Energie zu sparen, Material besser auszunutzen und knappe Rohstoffe effizienter zu recyceln – das werden die Erfolgsfaktoren für die Industrie der Zukunft sein. Das Leitprojekt E³-Produktion verbindet die Lösungsansätze zu diesen zentralen Herausforderungen synergetisch miteinander. In enger Partnerschaft mit der Industrie untersuchen die Forscher praxisnah, wie sich Ressourcen-, Energie- und Informationsflüsse so verbinden und steuern lassen, dass eine effiziente, emissionsneutrale Fabrik entsteht, die wieder näher an die Lebensumgebung der Menschen heranrückt.



Dazu forschen Wissenschaftler aus zwölf Instituten zeitgleich an den drei »Es«: Beim ersten Schwerpunkt »Energie- und Ressourceneffizienz« werden Prozessketten analysiert, bewertet und verkürzt. Hilfe kommt dabei vor allem von neuen Produktionstechniken und IT-Systemen. Im zweiten Bereich »Emissionsneutrale Fabrik« liegt der Fokus darauf, Emissionen zu senken, Ressourcen- und Energiekreisläufe (Kälte, Wärme, Bewegungsenergie) zu schließen und den Energiebedarf zu flexibilisieren. Hierzu entwi-

ckeln und erproben die Experten Lösungen und untersuchen Ansätze, um regenerative Energiequellen, Prognose- und Speichertechnologien sowie Energie- und Ressourcenmanagement-Lösungen zu integrieren. Zum Dritten steht bei der »Einbindung des Menschen« dieser als Innovations- und Wissensträger im Fokus. Denn auch künftig bleiben seine Kreativität und Innovationskraft unersetzlich. Die Forscher arbeiten unter anderem an einer altersgerechten und ergonomischen Arbeitsumgebung sowie an neuen Möglichkeiten der Mensch-Maschine-Kooperation. Und schließlich sollen auch junge kreative Köpfe für die Fragestellungen der Produktion von morgen sensibilisiert und aktiv in die Lösungsprozesse eingebunden werden.

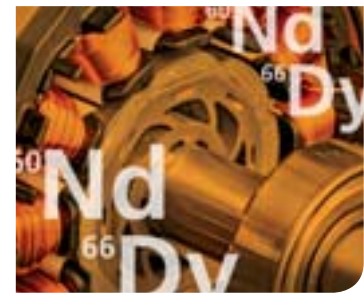
Die Ergebnisse aus diesen drei Forschungsfeldern werden in Integrationsprojekten zusammengeführt, an deren Ende die E³-Fabrik der Zukunft stehen soll. »Mit dem Leitprojekt E³-Produktion leistet Fraunhofer einen Beitrag zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung ebenso wie zur produktionswirtschaftlichen Systemforschung in Deutschland«, betont Projektleiter Professor Matthias Putz vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz.

Kritikalität Seltener Erden: effiziente Nutzung von Hightech- Metallen

In Elektromotoren sind sie enthalten und in Windkraftgeneratoren, in Handys ebenso wie in Computern. Unser Bedarf an den Metallen der Seltenen Erden wie Neodym, Yttrium oder Europium wächst, je grüner und vernetzter wir werden. Doch diese Rohstoffe sind knapp und schwierig zu gewinnen. Das könnte den Ausbau der Zukunftstechnologien bremsen. Denn China dominiert mit derzeit 85 Prozent der Förderung den Weltmarkt. Exportquoten drosseln die verfügbare Menge dieser kostbaren Ressourcen und treiben den Preis in die Höhe. Die Verfügbarkeit dieser Rohstoffe ist deshalb ein zentrales Wirtschaftsinteresse der deutschen Industrie.

»Aufgrund ihrer hervorragenden magnetischen Eigenschaften sind vor allem die Metalle Neodym (Nd) und Dysprosium (Dy) bislang unabdingbar für die Herstellung von Permanentmagneten, wie sie vor allem die Autoindustrie nutzt. Zielsetzung des Leitprojekts ist

es, den Bedarf an diesen Seltenen Erden für die Produktion von Hochleistungsmagneten bis 2017 zu halbieren und perspektivisch komplett zu substituieren«, erklärt Projektkoordinator Professor Ralf Wehrspohn vom Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM in Halle. »Dazu forschen Mitarbeiter aus sieben Instituten gemeinsam an neuen Ersatzmaterialien, effizienteren Produktionstechnologien sowie an künftigen Wiederverwendungs- und Weiterverwertungskonzepten.«



Mit Simulationsverfahren und experimentellen Hochdurchsatz-Screening-Methoden testen sie etwa potenzielle Ersatzstoffe auf vergleichbar gute Eigenschaften. Die Forscher optimieren die Fertigungsmethoden der Magnete, so dass weniger Rohstoffe nötig sind. Zudem entwickeln die Forscher zusammen mit Autoherstellern einfache Rücknahme- und Aufbereitungsstrategien von gebrauchten Elektromotoren, um diese wiederzuverwerten. Alle Erkenntnisse sollen am Ende in zwei Elektromotoren einfließen, deren Magnete mit weniger Seltenen Erden hergestellt werden. »Die Herausforderung des Leitprojekts ist es«, so Wehrspohn, »erstmal die gesamte Prozesskette von der theoretischen Vorhersage neuer Magnetwerkstoffe über deren technologische Synthese, Fertigung und Auslegung bis hin zu einem praxistauglichen Elektromotor abzubilden.«

Theranos: schlaue Implantate

Kurz nach Redaktionsschluss wurde ein weiteres Leitprojekt genehmigt. In dem jüngsten Forschungsvorhaben »Theranos« entwickeln Forscher therapeutische und diagnostische Implantate. Ziel dieses Leitprojekts ist unter anderem eine intelligente Hüftgelenkprothese, die das Einwachsen oder die Lockerung eines Implantats misst und selbstständig Therapiemaßnahmen einleitet. ■

Fraunhofer wächst weiter



Die Fraunhofer-Gesellschaft blieb im Jahr 2013 weiter auf Wachstumskurs. Ihr Finanzvolumen stieg um vier Prozent gegenüber dem Vorjahr und lag damit erstmals über der Marke von zwei Milliarden Euro. Die Erträge aus der Privatwirtschaft erreichten mit 578 Millionen Euro einen neuen Höchststand.

Text: Tobias Steinhäuser

»Das starke Wachstum von Fraunhofer zeigt die Attraktivität unseres Angebots am Markt für Forschungs- und Entwicklungs-Dienstleistungen und ist ein Indikator für das Innovationspotenzial der deutschen Wirtschaft«, so Professor Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft. Er stellte Ende April in München zusammen mit Finanz-Vorstand Professor Alfred Gossner das Ergebnis von Europas größter Forschungsorganisation für anwendungsorientierte Forschung für 2013 vor.

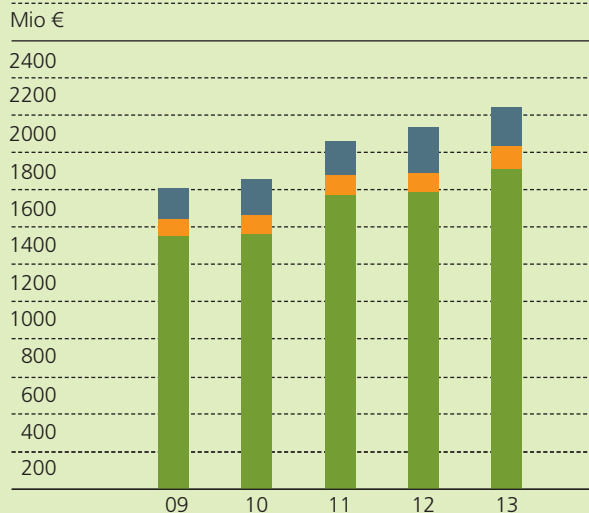
Das Finanzvolumen setzt sich aus den Haushalten der Vertrags- und der Verteidigungsforschung sowie den Ausbauinvestitionen zusammen. Die Vertragsforschung verzeichnete im Berichtsjahr ein Wachstum um drei Prozent auf 1661 Mio Euro. Etwa 70 Prozent davon erwirtschaftet Fraunhofer durch Auftragsforschung für die Wirtschaft und durch öffentlich finanzierte Forschungsprojekte. 30 Prozent des Haushalts werden durch Bund und Länder als Grundfinanzierung beigesteuert. Die Verteidigungsforschung erhöhte sich um ein Prozent auf 114 Mio Euro. Hier sind die Forschungstätigkeiten im Forschungsfeld Schutz und Sicherheit zusammengefasst. Die Ausbauinvestitionen

lagen mit 235 Mio Euro nur knapp unterhalb ihres Höchstwerts.

Neuer Höchststand bei den Erträgen aus der Privatwirtschaft

Die Vertragsforschung bildet die Kerntätigkeit der Fraunhofer-Gesellschaft. »Mit der Bearbeitung von Forschungs- und Entwicklungsaufgaben für Industrie- und Dienstleistungsunternehmen tragen die Fraunhofer-Institute dazu bei, Forschungsergebnisse in die Praxis umzusetzen, und spielen eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas«, erklärte Professor Neugebauer. Die Projekterträge in der Vertragsforschung legten mit sechs Prozent auf insgesamt 1200 Mio Euro stärker zu als das Finanzvolumen. Die darin enthaltenen Wirtschaftserträge summieren sich mit einem leichten Wachstum von einem Prozent auf insgesamt 578 Mio Euro. »Die Auftragsforschung für privatwirtschaftliche Auftraggeber erreichte dabei einen neuen Höchststand von 462 Mio Euro und verzeichnete gegenüber dem Vorjahr ein Plus von zwei Prozent«, erläuterte Professor Gossner.

Finanzvolumen der Fraunhofer-Gesellschaft 2009–2013



	2009	2010	2011	2012	2013
■ Vertragsforschung	1340	1402	1515	1614	1661
■ Verteidigungsforschung	87	93	98	113	114
■ Ausbauinvestitionen	190	162	236	199	235
=	1617	1657	1849	1926	2010

Mio €

- Vertragsforschung
- Verteidigungsforschung
- Ausbauinvestitionen

Nach einem leichten Rückgang im Vorjahr erhöhten sich die öffentlichen Erträge von Bund und Ländern um 13 Prozent auf 431 Mio Euro. Das liegt insbesondere an dem starken Anstieg der Ländererträge um 21 Prozent auf 144 Mio Euro. Die Erträge mit der EU-Kommission stiegen um knapp fünf Prozent auf 92 Mio Euro.

Investitionen in neue Forschungslabore

Im Jahr 2013 investierte Fraunhofer insgesamt 235 Mio Euro in die Infrastruktur seiner Forschungseinrichtungen. »Die Ausbauinvestitionen stiegen damit gegenüber dem Vorjahr um 18 Prozent und lagen nur knapp unterhalb ihres Höchstwerts im Jahr 2011, in dem noch zusätzliche Finanzierungsmittel aus staatlichen Konjunkturprogrammen zur Verfügung standen«, so Prof. Gossner.

Mehr als zwei Patentanmeldungen pro Werktag

Fraunhofer zählt zu den aktivsten und wichtigsten Patentanmeldern in Deutschland. Im Jahr 2013 kamen aus ihren Forschungseinrichtungen insgesamt 733 neue Erfindungsmeldungen. Davon wurden 603 – also über 80 Prozent – zum Patent angemeldet. Durchschnittlich sind das rund zwei pro Werktag. Mit Lizenzträgen von insgesamt 116 Mio Euro liegt Fraunhofer weltweit weiterhin im Spitzenfeld der Forschungseinrichtungen. Als eines von nur drei Unternehmen in Deutschland erhielt Fraunhofer im Jahr 2013 die Auszeichnung als Top 100 Global Innovator. Der Medienkonzern Thomson Reuters vergibt diesen Preis auf Basis der Patent-

aktivitäten, wobei sowohl deren Quantität als auch Qualität ausschlaggebend sind.

Ergebnisse aus dem Ausland sind gestiegen

Forschungsdienstleistungen von Fraunhofer sind weltweit gefragt. Im Jahr 2013 erreichten die mit internationalen Partnern erwirtschafteten Erträge ein Gesamtvolumen in Höhe von 250 Mio Euro (ohne Lizenzträge). Insgesamt konnte Fraunhofer seine Auslandserträge um über sieben Prozent steigern.

Das höchste Wachstum verzeichnete Fraunhofer in Asien. Hier wurden 29 Mio Euro erwirtschaftet. Das entspricht einem Plus von 19 Prozent. Wichtigster ausländischer Markt bleibt jedoch Europa. Hier stiegen die Erträge um sechs Prozent auf insgesamt 182 Mio Euro. Davon entfielen 90 Mio Euro auf Auftraggeber im europäischen Ausland. Das sind sieben Prozent mehr als im Vorjahr. 92 Mio Euro stammen von der EU-Kommission. In Nord- und Südamerika erhöhten sich die Erträge um fast acht Prozent auf 38 Mio Euro.

»Aufgrund der bestehenden Auftragslage gehen wir – vorbehaltlich der Stabilität in der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung – von einem leichten Wachstum der Wirtschaftserträge im Jahr 2014 aus. Erkennbar ist zudem auch eine deutliche Steigerung der öffentlichen Erträge von Bund und Ländern sowie der EU-Kommission. Insgesamt betrachtet wird Fraunhofer den aktuellen Wachstumskurs damit auch im Jahr 2014 beibehalten«, sagt Prof. Gossner. ■

Auch mit 65 Jahren voller Energie

In diesem Jahr existiert die Fraunhofer-Gesellschaft 65 Jahre. Dass sie trotz dieses Alters jedoch noch lange nicht in Rente geht, zeigte Europas größte Organisation für anwendungsorientierte Forschung bei ihrer Jahrestagung im Freiburger Konzerthaus. Unter dem Motto »Mit neuer Energie« feierten rund 700 geladene Gäste aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft herausragende Forschungsleistungen des vergangenen Jahres.

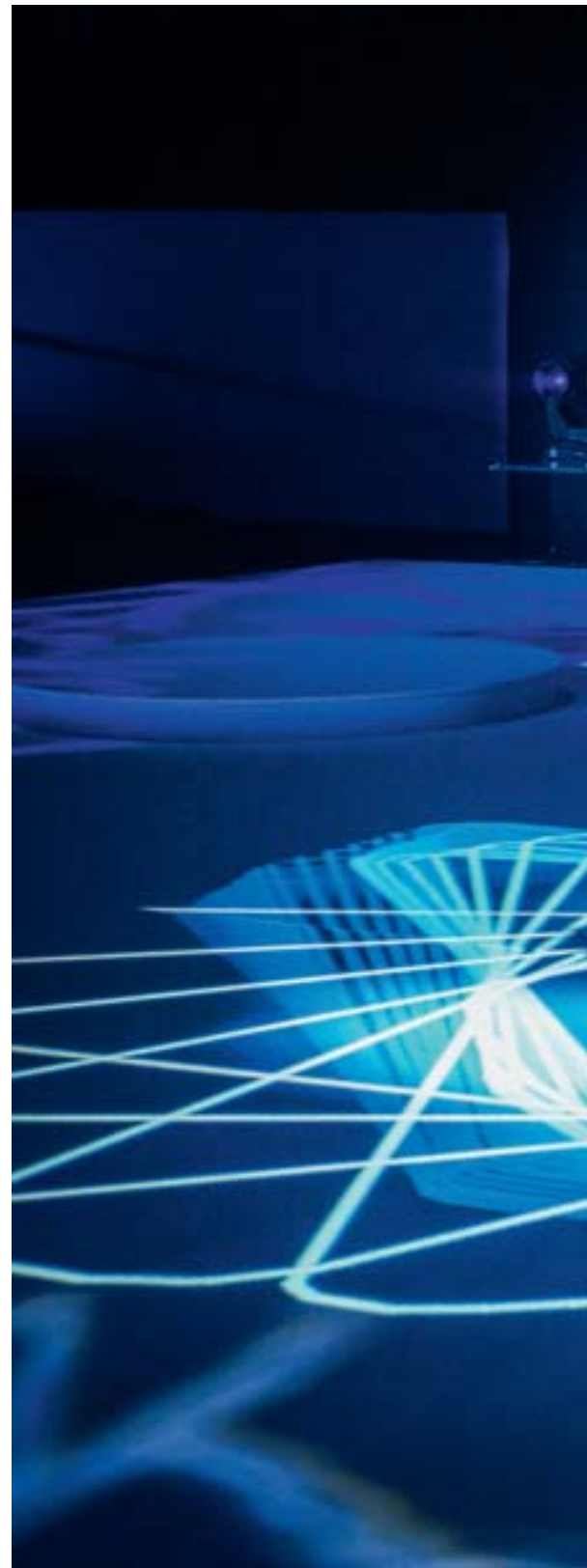
Text: Tobias Steinhäuser, Fotos: Dirk Mahler, Marc Müller

Um das Motto entsprechend energiegeladen zu inszenieren hatte Fraunhofer den Boden des Freiburger Konzerthauses in einen riesigen Touchscreen verwandelt. Dort wo normalerweise Stühle auf dem Parkett stehen und die Gäste den Klängen von Bach, Beethoven oder Brahms lauschen, bewegten sich Tänzer auf einer riesigen Projektion, die auf ihre Berührungen reagierte. Dann erschienen Windkraftanlagen, Solarfabriken und Wasserkraftwerke und der Bogen war gespannt zum Tagungsmotto: Fraunhofer leistet entscheidende Beiträge zur Bewältigung der Herkulesaufgabe Energiewen-

de: Die Forscherinnen und Forscher arbeiten an Lösungen für den Umbau der Energieversorgung – zum Beispiel intelligenten Energienetzen, mobilen Energiespeichern, Kombi-Kraftwerken oder Leistungselektronik, die hilft, die Stromnetze von morgen aufzubauen. Eines der profiliertesten Institute zu diesem Thema hat seinen Sitz in Freiburg: das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE.

Die Tänzer stellten die Fraunhofer-Gesellschaft vor: ihre Stellung als Schnittstelle zwischen Universitäten, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft, ihre sechs Forschungsfelder – Gesundheit und Umwelt, Schutz und Sicherheit, Mobilität und Transport, Energie und Rohstoffe, Produktion und Dienstleistung, Kommunikation und Wissen

Präsident Professor Reimund Neugebauer begrüßte die Gäste der Jahrestagung im Freiburger Konzerthaus (Bild unten links), wo auf dem Boden das Fraunhofer-Forschungsspektrum projiziert wurde.





Die Kombination zwischen Projektion und Tanz leitete die Preisverleihung ein.

– die sich an den großen gesellschaftlichen Herausforderungen orientieren und ihre Bedeutung für Deutschland. In Baden-Württemberg, dem Gastgeberland unterhält Fraunhofer insgesamt 13 Institute, zwei Projektgruppen und ein Anwendungszentrum. Alleine in Freiburg sind es fünf Institute. Von den insgesamt über 23 000 Mitarbeitern arbeiten über 5200 im »Ländle«.

Im Land der »Hidden Champions«

Als erster Redner betrat Prof. Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft die Bühne. Er schilderte, dass Baden-Württemberg schon immer wichtig für die Fraunhofer-Gesellschaft war. Zum Beispiel 1954, als in Mannheim das erste Institut gegründet wurde. Er lobte die Wissenschaftspolitik der Landesregierung: Baden-Württemberg habe den höchsten FuE-Anteil gemessen am Bruttoinlandsprodukt (BIP) und die meisten »Hidden Champions«, mittelständische Unternehmen, die in ihrer Branche jeweils Marktführer sind. Der Namensgeber Joseph von Fraunhofer stehe sinnbildlich für das Alleinstellungsmerkmal seiner Organisation. Wissenschaftlich exzellent und gleichzeitig ergebnisorientiert sei er gewesen, der Entdecker der dunklen Linien im Sonnenspektrum vor 200 Jahren (Fraunhofer-Linien). Fraunhofer setze diesen Geist heute mit einer intelligenten Kombination aus Vorlauftforschung und Anwendungsorientierung fort.

Für Ehrengast Winfried Kretschmann, Ministerpräsident des Landes Baden-Württemberg, war dann auch schnell klar, wo die heimliche Heimat der Fraunhofer-Gesellschaft ist: »Nicht München, wo ihr Sitz ist, sondern hier bei uns in Baden-Württemberg.« Er spannte aber auch gleich den Bogen zur Globalisierung und mahnte, nicht nachzulassen beim hohen deutschen Forschungsniveau. Denn die Konkurrenz schlafe nicht. Aufstrebende Länder wie Südkorea oder China hätten nicht nur wirtschaftlich, sondern auch bei den wissenschaftlichen Leistungen aufgeholt. Um nicht überholt zu werden, sei es notwendig, frühzeitig Trends zu erkennen und bei den großen strategischen Entscheidungen die richtigen Weichen zu stellen.

»Fraunhofer steht mit 65 Jahren nicht vor dem Rentenalter, sondern ist so kreativ und innovativ wie nie zuvor«, brachte Dr. Georg Schütte, Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung



Gruppenbild mit Dame: Die Preisträger und Ehrengäste der Fraunhofer-Preisverleihung 2014.

der Welt, an denen ist Energie zu spüren: Es sind Räume für Inspiration, Kreativität und Umsetzungsstärke. Fraunhofer ist ein solcher Ort.«

Höhepunkt war die Vergabe der Wissenschaftspreise

Den ersten Beweis für diese Aussage lieferten Wissenschaftler aus Freiburg. Gemeinsam mit zwei Unternehmen aus der Region, der Nematel GmbH & Co. KG und der Dr. Tillwich GmbH entwickelte das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM Flüssigkristalle, die als nahezu reibungsfreie Schmierstoffe verwendet werden können. Für diese Leistung wurden die Beteiligten mit dem Wissenschaftspreis des Stifterverbands ausgezeichnet.

Weiter ging es mit den drei Joseph-von-Fraunhofer-Preisen. Den Anfang machte der Terahertz-Scanner des Kaiserslauterner Standorts des Fraunhofer-Instituts für Physikalische Messtechnik IPM. Gemeinsam mit der Hübner GmbH & Co. KG entwickelt, entdeckt er zuverlässig und schnell Bomben oder Drogen in Poststücken. Die Technologie ist unter dem Namen »T-Cognition« bereits auf dem Markt. Auch Wissenschaftler aus dem Bremer Fraunhofer-Institut für Angewandte Materialforschung IFAM konnten sich über den Wissenschaftspreis freuen. Sie schafften es, einen völlig neuartigen industriellen Klebstoff zu entwickeln. Er kann aufgetragen werden und klebt erst dann, wenn es der Anwender wünscht. Der dritte Joseph-von-Fraunhofer-Preis ging schließlich nach Erlangen. Forscher des dortigen Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS haben eine Software entwickelt, die es erlaubt, Standards von digitalen Filmvorführungen in jedem Kino einfach und schnell mit ein paar Klicks auf einem handelsüblichen PC umzusetzen. Durch »easyDCP« kann das digitale Kino nun seine Vorteile nun weltweit ausspielen. Mittlerweile haben es über 1000 Kunden lizenziert. Darunter auch die großen Filmstudios aus Hollywood.

Spätestens jetzt war auch klar, was sich wirklich hinter dem Tagungsmotto verbarg: Es ist die Energie ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und deren Forschungsleistungen, die die Fraunhofer-Gesellschaft auch mit 65 Jahren vitaler macht denn je. ■



Durch die Veranstaltung führte Moderatorin Petra Klein.



Mit viel Stoff für Gespräche trafen sich die Gäste nach der Veranstaltung zum Get-Together.

und Forschung, das Tagungsmotto auf dem Punkt. Durch Organisationen wie Fraunhofer sei die Bevölkerung zuversichtlich, dass Deutschland die großen Herausforderungen der Zukunft lösen werde. Dazu gehöre beispielsweise der richtige Umgang mit der zunehmenden Digitalisierung oder die Notwendigkeit nachhaltiger zu wirtschaften. Diese Zuversicht habe er in zahlreichen Bürgerdialogen immer wieder erlebt. Auch das Ausland ist vom Fraunhofer-Modell begeistert, was die zahlreichen Anfragen belegen. »Das Ministerium ist hier oft nur Vermittler. Oft wollen die ausländischen Besucher gleich direkt nach München, um zu lernen, wie das Fraunhofer-Modell funktioniert.«

Sehr konkret wurde dann im Anschluss der Rektor der Freiburger Albert-Ludwigs-Universität, Prof. Dr. Dr. h.c. Hans-Jochen Schiewer: »In enger Kooperation mit Fraunhofer planen wir

die Einrichtung eines neuen Instituts für ‚Sustainable Systems Engineering‘ auf dem Gelände der Technischen Fakultät in Freiburg.« Für seine über 550 Jahre alte Universität sei die 65-jährige Schönheit Fraunhofer sehr attraktiv. Er selbst sei in die Partnersuche mit der vor 20 Jahren gegründeten Technischen Fakultät gegangen. Diese sei mittlerweile Weltspitze in der Umwelttechnik und in der Nachhaltigkeitsforschung – genau wie Fraunhofer. Die »wunderbare Kooperation« wolle man gemeinsam »mit neuer Energie« weiterführen.

Moderatorin Petra Klein, erfahrene SWR-Journalistin, leitete dann zur Verleihung der jeweils mit 50 000 Euro dotierten Preise über. Das Wort Energie sei bei uns sehr positiv besetzt, für sie seien die Preisträger daher auch Energieträger. Eine Anspielung auf Prof. Neugebauers Botschaft im Programmheft: »Es gibt Orte auf

Die digitale Filmrolle

Statt schwerer Filmrollen werden heute digitale Filmkopien an die Kinobetreiber verschickt. Mit der Software easyDCP lassen sich diese Datenpakete einfach im geforderten Standard erstellen, so dass die digitalen Streifen auch in jedem Kino laufen.

Text: Birgit Niesing

Mehr als ein Jahrhundert lang dominierte analoge Technik das Kino. Die bewegten Bilder wurden auf Filme aus Zelluloid beziehungsweise Polyester gebannt. Dabei galten weltweit einheitliche Standards: Der Filmstreifen ist 35 Millimeter breit und am Rand mit einer Perforation versehen. Deshalb konnten Kinohits – egal, wo sie gedreht wurden – in jedem Lichtspielhaus der Welt gezeigt werden. Das hat sich mit der Digitalisierung des Kinos geändert: Heute verschicken die Verleiher meist keine Filmrollen mehr, sondern digitale Kinopakete (Digital Cinema Package; DCP) via Festplatte oder auch via Satellit. Darin sind die verschlüsselten digitalen Film- und Audiodaten sowie die Untertitel verschiedener Sprachversionen enthalten.

Auch das D-Cinema braucht einheitliche Standards. Nur dann laufen digitale Filme in jedem Kino – egal, mit welcher Kamera sie aufgenommen wurden, mit welchen Programmen die Postproduktion erfolgte oder welcher Kinosever und Projektor installiert ist. Die technischen Vorgaben fürs digitale Kino haben 2005 die sechs größten Hollywood-Studios in der »DCI Norm« definiert. Im Auftrag der Studios haben Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen weltweit gültige

Testverfahren zur Einhaltung der Spezifikationen des DCI-Standards erarbeitet. Damit die digitalen Filmkopien ebenfalls dieser Norm entsprechen, haben die Experten des IIS eine Software entwickelt, mit der sich DCPs zuverlässig für alle Abspielsysteme passend herstellen lassen und zuverlässig auf allen Kinosystemen laufen.

Einfache und übersichtliche Bedienung

»Bei der Entwicklung von easyDCP konzentrieren wir uns darauf, die Bedienung möglichst einfach und übersichtlich zu gestalten«, sagt Dr. Siegfried Föbel, der die Abteilung Bewegbildechnologien am IIS leitet. Ein Konzept, das die Nutzer überzeugte. In kurzer Zeit wurde die Software zum Marktführer. Mehr als 1000 Kunden nutzen schon das Programm. Mittlerweile integrieren große Firmen die Software in ihre Produkte – darunter Quantel, Drastic und Blackmagic Design.

»Wir haben mit easyDCP erstellte digitale Filmepakete auf den unterschiedlichsten Abspielgeräten getestet und die Software kontinuierlich verbessert. Dabei ist auch das Feedback der Nutzer eingeflossen«, erläutert Heiko Sparenberg,

Leiter der Gruppe Digitales Kino am Fraunhofer IIS. »Darum hat sich das Programm am Markt durchgesetzt.« Die Software ermöglicht es nicht nur großen Studios, sondern auch kleineren, unabhängigen Produzenten und Filmemachern eigene digitale Kinopakete zu erstellen. Von den umfangreichen Funktionen des Programms, wie der Herstellung von Untertiteln und Tonspuren in verschiedenen Sprachen, Unterstützung des 3D-Formats oder der 4K-Auflösung, profitieren Postproduktionsfirmen, Filmproduktionen, Verleiher und Filmfestivals. Die Software ist unter anderem bei der Berlinale im Einsatz. Dort wird die Qualität der aus aller Welt gelieferten digitalen Filmkopien geprüft. Fehlerhafte Filmpakete lassen sich so rechtzeitig erkennen und für die Vorführung vorbereiten.

Für ihre Arbeiten zum Thema »Das digitale Kino erobert die Welt – Software zur Erstellung von digitalen Kinopaketen ermöglicht den Durchbruch des digitalen Kinos« erhielten Dipl.-Inf. Heiko Sparenberg und Dr.-Ing. Siegfried Föbel einen der Joseph-von-Fraunhofer-Preise 2014. ■

 **Filme und Podcasts:**
www.fraunhofer.de/presse



Mit der von Dr. Siegfried Föbel und Heiko Sparenberg (v.l.n.r.) entwickelten Software easyDCP lassen sich digitale Kinopakete einfach im geforderten Standard erstellen.
© Dirk Mahler

Kleben mit vorappliziertem Klebstoff

In der industriellen Produktion spielt Kleben eine immer bedeutendere Rolle. Forschern ist es gelungen, das Auftragen des Klebstoffs und das eigentliche Fügen zu entkoppeln. Das eröffnet neue Anwendungen.

Text: Birgit Niesing

Kleben ist eine effektive und preisgünstige Füge-methode: Damit können auch unterschiedliche Werkstoffe lückenlos miteinander verbunden werden. Vor allem im Leichtbau ist es die Füge-technik der Wahl, denn viele der eingesetzten Materialien lassen sich nur schwerlich anders verbinden. Doch nicht in jedem Produktions-schritt kann man flüssigen Klebstoff auftragen und warten, bis er aushärtet. Der Automobilzu-lieferer STANLEY Engineered Fastening – Tucker GmbH aus Gießen suchte deshalb nach einer Möglichkeit, Bolzen zu kleben, ohne das man in der Fertigung mit flüssigem Klebstoff hantieren muss. Die Lösung fanden Forscher des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Ange-wandte Materialforschung IFAM in Bremen. Ihre Idee: Zunächst wird der Klebstoff auf eines der Bauteile aufgetragen und bildet eine klebfreie trockene Schicht. Die eigentliche Klebstoffhär-tung und das Fügen der Bauteile erfolgen in einem späteren Produktionsschritt.

Das Prinzip ist nicht neu. Schon die erste Brief-marke war mit einem Klebstoff versehen, der nur im angefeuchteten Zustand auf dem Umschlag haftete. Den IFAM-Wissenschaftlern ist es gelun-gen, diesen Ansatz für industriell zu fertigende hochfeste Klebverbindungen weiterzuentwickeln.

Keine einfache Aufgabe, denn die Klebstoffe müssen unterschiedliche und zum Teil sich wider-sprechende Anforderungen erfüllen. »Nachdem der Klebstoff aufgetragen ist, darf er nicht mehr kleben und muss sich lange lagern lassen. Andererseits soll er beim Fügen sehr reaktiv sein und schnell aushärten«, beschreibt Chemietechnik-Ingenieur Andreas Lühring vom IFAM die Heraus-forderung, vor der die Wissenschaftler standen. Ihr Konzept: Sie kombinieren Harze und Härter mit unterschiedlichen Schmelzpunkten.

Klebstoff härtet erst durch eine thermische Aktivierung

»Der Härter, der bei deutlich höheren Tempera-turen schmilzt, wird ganz fein im Harz verteilt – mikrodispers«, führt Professor Andreas Hartwig aus und ergänzt: »Der reaktive Schmelzklebstoff wird zum Beispiel in der Fertigung von Befesti-gungsbolzen genutzt. Zunächst wird das Materi-al aufgeschmolzen und aufgetragen. Nach dem Abkühlen ist es wieder fest. Die so beschichte-ten Bolzen lassen sich problemlos transportieren und lagern. Um den Klebstoff auszuhärten, erhitzt man ihn kontrolliert auf mehr als 150 Grad Celsius. »Dabei schmilzt auch der Härter und die eigentliche Klebstoffhärtung wird akti-

viert«, erläutert Andreas Lühring. So lassen sich zwei Bauteile innerhalb weniger Sekunden fest miteinander verbinden.

»Die reaktiven Klebstoffe haben jedoch einen Nachteil. Sie sind zwar lange aber dennoch nur begrenzt haltbar«, sagt Dr. Matthias Popp vom IFAM. Deshalb haben die Wissenschaftler zu-sätzlich eine visuelle Zustandskontrolle integriert. Ist der Werkstoff nicht mehr funktionsfähig, verändert er seine Farbe.

»Pre-Applicable Structural Adhesives« (PASA®) lassen sich aber auch für andere Anwendungen nutzen. Inzwischen gibt es einen variablen Bau-kasten mit Klebstoffen, die auf verschiedenen Rohstoffen und Härtungsprinzipien basieren. Die IFAM-Experten haben die Zusammensetzung der Klebstoffe jeweils so verändert, dass sie für die verschiedensten Anwendungen zu einer best-möglichen Produktivität und zu einem optimalen Eigenschaftsprofil führen. Für ihre Entwicklung erhielten Andreas Lühring, Andreas Hartwig und Matthias Popp einen der diesjährigen Joseph-von-Fraunhofer-Preise. ■

 Filme und Podcasts:
www.fraunhofer.de/presse

Kleben ohne Klebstoffauftrag macht die Entwicklung von Dr. Matthias Popp, Professor Andreas Hartwig und Andreas Lühring möglich (v.l.n.r.) © Dirk Mahler



Briefkontrolle mit Terahertz-Wellen

Harmloser Umschlag oder Bombe? Einfacher Brief oder Drogensendung? Ein neuer Terahertz-Scanner erkennt verborgene Sprengstoffe und Rauschgifte, ohne dass die Post geöffnet werden muss.

Text: Birgit Niesing

Alarm im Schloss Bellevue: Beim Röntgencheck ist ein verdächtiger Brief an Bundespräsident Joachim Gauck aufgefallen, der eine Bombe enthalten könnte. Vorsichtshalber sprengen Experten die Post. Erst genauere Untersuchungen ergeben, dass im Umschlag wohl doch keine explosiven Stoffe waren. Vor einem Jahr sorgte die auffällige Postsendung für große Aufregung in Berlin. Denn bislang ist es recht aufwändig, Briefe sicher und zuverlässig auf gefährliche Inhaltsstoffe wie Sprengstoffe oder Drogen hin zu untersuchen. Abhilfe könnte ein neuer Terahertz-Scanner schaffen. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Physikalische Messtechnik IPM in Kaiserslautern und der Hübner GmbH & Co. KG in Kassel haben das System »T-COGNITION« entwickelt, das verborgene Inhalte entdeckt, ohne dass die Post geöffnet werden muss. Für ihre Arbeiten zur »Sicheren Identifizierung von Gefahrenstoffen wie Sprengstoffe und Drogen: der Terahertz-Postscanner« wurden Prof. Dr. René Beigang vom IPM und der Leiter der Bereiche Public Security und Photonics der Firma Hübner, Dipl.-Ing. Thorsten Sprenger, mit einem der Joseph-von-Fraunhofer-Preise 2014 geehrt.

Aber warum verwenden die Experten Terahertz-Wellen? »Im elektromagnetischen Spektrum liegt der Terahertz-Bereich zwischen Mikrowellen und Infrarot. Es vereint die Vorteile von beiden«, erläutert René Beigang. Die energiearme Strah-

lung kann ähnlich wie Mikrowellen Papier, Holz, leichte Bekleidung, Kunststoff und Keramik problemlos durchdringen. Zudem erzeugen Terahertz-Wellen, je nachdem, auf welche Stoffe sie treffen, charakteristische Spektren, die sich mithilfe intelligenter Software schnell analysieren lassen. Ein weiterer wichtiger Vorteil: Terahertz-Wellen sind nicht ionisierend und für den Menschen ungefährlich – im Gegensatz zur Röntgenstrahlung. Das macht die Wellen für den Einsatz in Postscannern interessant.

Terahertz-Technologie industriereif machen

Die Terahertz-Technologie ist allerdings noch recht jung. Bislang gibt es nur wenige Anwendungen. Das will die vom Land Rheinland-Pfalz und dem IPM zunächst als Projektgruppe gegründete Abteilung »Materialcharakterisierung und -prüfung MC« in Kaiserslautern ändern. »Unser Ziel ist es, die Terahertz-Technologie auch für den Sicherheitsbereich industriereif zu machen«, betont Beigang. Schnell wurde die Firma Hübner auf die Arbeiten der Projektgruppe aufmerksam. Das Unternehmen, das traditionell Fahrzeugkomponenten für Busse, Straßenbahnen sowie Nah- und Fernverkehrszüge herstellt, plante, das Geschäftsfeld Public Security neu aufzubauen. 2006 startete die erste Kooperation. Vier Jahre später begannen – auf Grundlage gemeinsamer Projekte – die Arbeiten

am Postscanner. Mittlerweile hat das Unternehmen den Postscanner »T-COGNITION« auf den Markt gebracht.

Und so arbeitet der Postscanner. Über eine Klappe lässt sich ein Brief in das Messgerät einführen. Terahertz-Wellen durchleuchten diesen. Je nachdem, auf welche Stoffe die Wellen treffen, werden bestimmte Bereiche mehr oder weniger absorbiert. Detektoren fangen die transmittierten Wellen auf. »Innerhalb weniger Sekunden erfasst das Gerät den spektroskopischen Fingerabdruck des Gefahrenstoffs und kann ihn durch den Abgleich mit einer Datenbank sicher identifizieren«, erläutert Thorsten Sprenger. Enthält ein Brief Sprengstoffe oder Drogen, schlägt das System Alarm.

Das Gerät ist in der Lage, den Inhalt von Postsendungen bis zum Format C4 und mit maximal 2 Zentimetern Dicke zu prüfen. »Es ist für Poststellen von Justizvollzugsanstalten, Zoll, Behörden, Firmen und Botschaften sehr interessant. Es hilft die Sicherheit zu erhöhen sowie Menschenleben zu schützen«, sagt Sprenger. Auf dem internationalen Kongress »Photonics West 2014« in San Francisco wurde T-COGNITION bereits mit dem PrismAward, dem Photonics-OSCAR, ausgezeichnet. ■

 **Filme und Podcasts:**
www.fraunhofer.de/presse



Professor René Beigang und Thorsten Sprenger (v.l.n.r.) entwickelten den Postscanner. © Dirk Mahler

Flüssigkristalle als Schmierstoffe

Tonnenschwere Lasten können sich Dank eines neuen Schmierstoffs kinderleicht bewegen lassen. Möglich machen das Flüssigkristalle, die die Reibung stark verringern. Sie haben das Potenzial, Verschleiß in Gleitlagern drastisch zu reduzieren.

Text: Christine Broll

Schmierstoffe werden fast überall eingesetzt – in Motoren, Getrieben, Ventilen, Produktionsmaschinen. Obwohl sie in nahezu allen Maschinen für einen ruhigen Lauf sorgen, gab es auf diesem Gebiet in den vergangenen beiden Jahrzehnten keine grundlegenden Innovationen. Das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg hat mit einem Konsortium jetzt eine völlig neue Substanzklasse entwickelt, die für einen Durchbruch sorgen könnte: Flüssigkristallbasierte Schmierstoffe. Ihre Besonderheit: Sie sind zwar flüssig, zeigen aber auch richtungsabhängige physikalische Eigenschaften wie ein Kristall. Werden zwei Oberflächen gegeneinander bewegt, richten sich die dazwischen befindlichen Flüssigkristall-Moleküle so aus, dass der Reibungswiderstand extrem gering ist. So ermöglichen Flüssigkristalle ein nahezu reibungsloses Gleiten.

Bislang sind Flüssigkristalle vor allem durch ihren Einsatz in LCD-Bildschirmen bekannt. Die ungewöhnliche Idee, sie als Schmierstoff zu verwenden, hatte die Nematel GmbH. Das Unternehmen wandte sich damit an das IWM. Dort setzte Dr. Tobias Amann die Flüssigkristalle als Schmierstoff zwischen zwei Werkstücken aus Metall ein. »Schon bei den ersten Proben haben wir überraschenderweise extrem niedrige Reibungskoeffizienten gemessen«, erinnert sich Amann.

Als Schmierstoff eignen sich diejenigen Flüssigkristalle, die aus stäbchenförmigen Molekülen bestehen, fanden die Wissenschaftler am IWM heraus. »Gibt man den Flüssigkristall als Schmierstoff zwischen zwei Oberflächen, die sich gegenläufig bewegen, stellen sich die Stäbchen parallel zueinander in Schichten auf«, erklärt Dr. Andreas Kailer, stellvertretender Leiter des Geschäftsfelds Tribologie am IWM. Diese Schichten sind in sich sehr stabil, lassen sich aber leicht gegeneinander verschieben. Das reduziert die Reibung und den Verschleiß auf ein Minimum.

Additive verbessern die Stabilität

Um aus den Flüssigkristallen einen praxistauglichen Schmierstoff zu entwickeln, fehlte allerdings noch viel. Daher startete das IWM 2010 gemeinsam mit der Nematel GmbH und den Schmierstoffexperten der Dr. Tillwisch GmbH ein Projekt, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wurde. Susanne Beyer-Faiß, Chemikerin bei Tillwisch, verbesserte mit Hilfe von Additiven die Stabilität der Flüssigkristalle-Schmierstoffe. Gleichzeitig baute ihr Kollege Werner Stehr einen speziellen Prüfstand, auf dem er die extrem geringen Reibungswerte mit Hilfe von Lasertechnik berührungslos messen konnte. Tobias Amann testete unterdessen am

IWM die Tauglichkeit verschiedener Flüssigkristalle, die Dr. Holger Kretzschmann bei Nematel hergestellt hatte. Dazu unternahm er unter anderem Reibungsversuche mit unterschiedlichen Materialien wie Eisen, Kupfer und Keramik als Reibkörper. Außerdem untersuchte er die chemischen Mechanismen im Reibkontakt und die Auswirkung von Mischungen unterschiedlicher Flüssigkristallmoleküle.

Am Ende des Projekts hatten die Partner den Prototyp eines flüssigkristallinen Schmierstoffs in der Hand, der seine beste Wirkung in Gleitlagern aus Eisen zeigt. Für diese Pionierleistung erhielten Dr. Tobias Amann, Dr. Andreas Kailer, Susanne Beyer-Faiß, Werner Stehr und Dr. Holger Kretzschmann den Wissenschaftspreis des Stifterverbands, der alle zwei Jahre für exzellente Verbundprojekte der angewandten Forschung vergeben wird.

Zurzeit entwickelt das Team gemeinsam mit weiteren Industriepartnern innovative, mit Flüssigkristallen geschmierte Gleitlager für Elektrokleinmotoren in Autos, wie sie zum Beispiel in Lichtmaschinen oder zum Antrieb von Scheibenwischern zum Einsatz kommen. ■

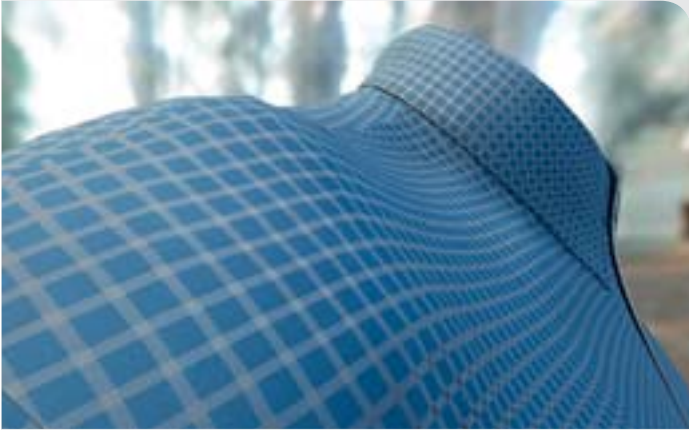
 **Filme und Podcasts:**
www.fraunhofer.de/presse



Den Wissenschaftspreis des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft erhielten Dr. Holger Kretzschmann (Nematel), Werner Stehr und Susanne Beyer-Faiß (Dr. Tillwisch GmbH), Dr. Andreas Kailer und Dr. Tobias Amann (Fraunhofer IWM) (v.l.n.r.). © Dirk Mahler

Virtuell schneiden

Ansprechpartner: Martin Knuth, martin.knuth@igd.fraunhofer.de



Simulation von Textilien: Ideen lassen sich mit einem Klick umsetzen, individuelle Kundenwünsche schnell einarbeiten.
© Fraunhofer IGD

Modedesigner und Schnittmacher stellen mit Computerprogrammen neue Kollektionen her. Das Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD in Darmstadt arbeitet zusammen mit der Firma Assyst an einer Verbindung beider Welten, um den Designprozess virtuell zu simulieren.

Bisher dauert es mehrere Tage bis Wochen, um Textilien am Computer naturgetreu darzustellen. Das Simulationsprogramm »Vidya« benötigt dafür jedoch nur noch Sekunden. Neben Nadel und Faden wird so die Computermouse immer mehr zum Werkzeug von

Schneidern und Designern. Einige Klicks genügen: Farbe, Material und Schnittmuster sind angepasst. Schattierungen, optische und mechanische Eigenschaften verschiedener Materialien, Faltenwürfe, unterschiedliche Beleuchtungen und Reflektionen lassen sich in 360°-Panorama-Aufnahmen darstellen.

Mit Hilfe des von der Europäischen Union geförderten Projekt Future Fashion Design (www.future-fashion-design.eu) lassen sich neue Kollektionen schneller auf den Markt bringen und Kundenwünsche flexibler umsetzen.

Neu im Supermarkt: Lupinenstangerl

Ansprechpartnerin: Karin Agulla, karin.agulla@ivv.fraunhofer.de

Ein neues Produkt ist auf dem Markt: Ein Vollkornstangerl mit hochwertigem Eiweiß aus Lupinen. Die Rezeptur für das Gebäck entstand im Projekt »Healthy Lupin«, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF gefördert wurde. Gemeinsam mit Ernährungswissenschaftlern der Friedrich-Schiller-Universität Jena konnten die Forscher zeigen, dass Lupinenprotein einen positiven Einfluss auf den Fettstoffwechsel des Menschen haben kann.

Mit 6,25 g enthält ein Stangerl einen sehr hohen Anteil an Lupinenprotein. Das Eiweiß stellt die Prolupin GmbH aus Grimmen in Mecklenburg Vorpommern her, wo die blaue Süßlupine – die »Sojabohne des Nordens« - angebaut wird. Prolupin gewinnt die Proteine nach einem Verfahren aus dem

Fraunhofer- Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV. Das Produkt ist bei der Backstube Wünsche in den Filialen von EDEKA Südbayern erhältlich.

Vollkornstangerl mit Eiweiß der blauen Süßlupine. © Backstube Wünsche



Ferngesteuerte Rettungsspinne

Ansprechpartnerin: Herrad Schmidt, herrad.schmidt@fkie.fraunhofer.de

Ob in Fukushima, Haiti oder Köln – das Technische Hilfswerk als zentraler Katastrophenschutz Helfer ist weltweit im Einsatz. In unwegsamem, schwierigem oder unübersichtlichem Gelände nutzen die Rettungskräfte auch Spinnenbagger.

Forscher vom Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE haben diesen Spezialbagger mit einem Sensorsystem ausgerüstet. So kann man das schwere Gerät sicher steuern, ohne sich im Gelände in Gefahr zu bringen. Um dies auch ungeübten Benutzern zu ermöglichen, haben die Wissenschaftler zudem eine modulare Benutzungsschnittstelle entwickelt, die einen umfassenden Überblick über die Einsatzumgebung gewährleistet.



Klang mit persönlicher Note

In einem Raum, aus dem kein Ton in die Außenwelt dringt, entwickeln Forscher die Lautsprecher der Zukunft.

Text: Monika Weiner



Die mächtige Tür fällt ins Schloss und nun ist alles still. Beängstigend still. Dicke Keile aus Mineralwolle, die wie Stacheln in den Raum ragen, schlucken jeden Schall. Das Akustiklabor hat massive Betonwände und ein eigenes Fundament, das auf einer federnden Gummischicht ruht. Kein Laut kann hier die Untersuchungen stören.

Doch irgendetwas ist da: ein leises Gemurmel? Oder singt da wer? Das kaum wahrnehmbare Geräusch kommt aus einer Reihe mit acht kleinen Lautsprechern, die auf einem Stativ in der Mitte des Raums aufgebaut sind. Das soll die Audiotechnik der Zukunft sein? Neugierig folge ich Dr. Daniel Beer. Der geht direkt auf die Lautsprecherleiste zu. Doch so nah wir der auch kommen, das Gemurmel wird nicht lauter. Zumindest nicht, wenn man in der Mitte bleibt. Nun macht Beer einen Schritt nach rechts und winkt mich heran. Ich gehe zu ihm und höre plötzlich klar und deutlich die Musik: Marla Glen »Cost of Freedom«. Ein Schritt zurück zur Mitte: Die Musik wird leiser und verstummt schließlich ganz. Erstaunlich! Geht man hingegen ein Stück nach links, werden die Stimmen lauter: Hier kann man dem Hörbuch „Mensch, Mammut“ lauschen.

Die Technik, die unterschiedliche »Hörzonen« schafft, haben die Forscher am Fraunhofer-

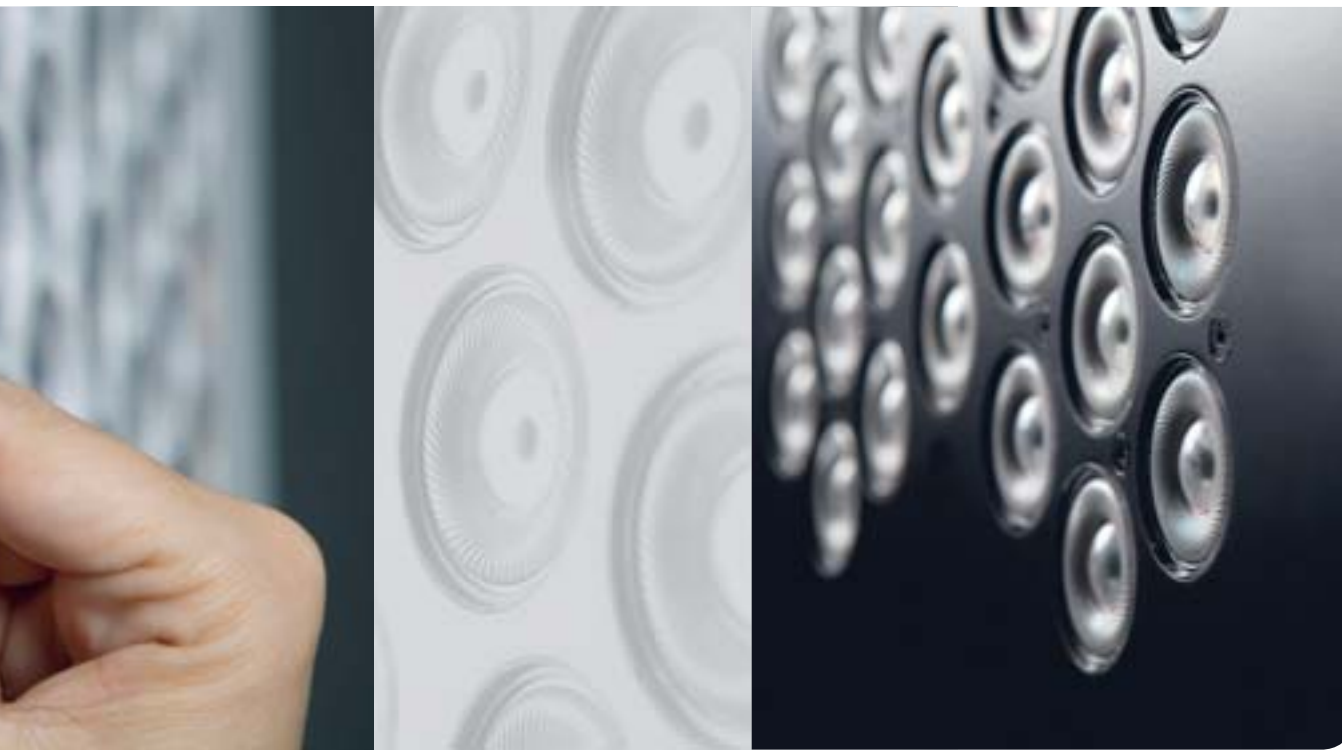
Institut für Digitale Medientechnologie IDMT in Ilmenau unlängst zum Patent angemeldet. Der Trick: »Alle Boxen strahlen dieselben Programme aus, das Hörbuch und den Musiktitel«, erklärt Beer. »Die Steuerung der Lautsprecher sorgt jedoch dafür, dass sich die Wellen überlagern und sich dadurch verstärken oder auch auslöschen.« Auf diese Weise entstehen Schallstrahlen in bester Klangqualität, die sich genau positionieren lassen. Zum Beispiel im PKW. Eingebaut in den Autohimmel würden die Lautsprecher allen Insassen akustische Autonomie verschaffen: Eltern könnten während der Fahrt entspannt Musik hören, ohne von Benjamin Blümchen, der die Kinder auf dem Rücksitz unterhält, gestört zu werden. Theoretisch lässt sich sogar für jeden der Sitze ein eigenes Klangfeld erzeugen. Kein Wunder, dass die Auto-Hersteller großes Interesse an der neuen Personal-Sound-Zone-Technologie haben.

Noch sind die Lautsprecher allerdings zu klobig. Die Boxen, aus denen der Demonstrator im Akustik-Labor des IDMT aufgebaut ist, benötigen ein Volumen von je zwei Zentilitern – das entspricht dem eines Schnapsglases. Die ganze Lautsprecherleiste ist 80 Zentimeter lang und vier Zentimeter dick – für den Einbau im Auto ist das Arrangement bisher nicht geeignet.

Die Boxen müssen also schrumpfen: »Einer der Knackpunkte bei der Miniaturisierung ist das Gehäuse«, erklärt Beer. Seine linke Hand umfasst einen imaginären Raum, dem sich die flache rechte Hand immer weiter nähert: »Wenn wir das Gehäuse zu klein machen, wirkt die Luft im Inneren wie eine Dämpfung, die die Membran beim Schwingen behindert. Man kann sich das vorstellen wie eine zugehaltene Luftpumpe: Die Luft in der Pumpe kann nicht entweichen, der Kolben, der zum Pumpen bewegt werden müsste, steckt fest. Das selbe würde mit der Membran in einem zu kleinen Lautsprecher passieren.«

Könnte man das Gehäuse nicht einfach weglassen? »Theoretisch ja«, antwortet der Ingenieur. »Doch ohne Gehäuse würde der Schall des Wandlers, der elektrische Signale in akustische verwandelt, in alle Richtungen gehen.« Dies führe zu einem massiven Qualitätsverlust, weil die Schallanteile von der Vorderseite der Membran die von der Rückseite überlagern. Fazit: Gehäuse muss sein. Es ist der Dreh- und Angelpunkt des guten Tons.

Aber wie weit darf es schrumpfen? Um das herauszufinden, hat Beers Team im Keller des Instituts einen Messplatz eingerichtet, an dem



Die Lautsprecher-Panels der Zukunft sind flacher als ein 1-Euro-Stück, leistungsfähig wie eine richtige Box und können direkt an die Wand montiert werden. Die Arrays bestehen aus einer Anordnung kleiner Wandler, die elektrische in akustische Signale umsetzen (Bilder links).
© Fraunhofer IDMT

Die Wandler-Arrays in Zoom-Ansicht (Bilder Mitte und rechts).
© Fraunhofer IDMT

sich für jeden Wandler das minimale Gehäusevolumen ermitteln lässt. Heute liegt ein neues Modell auf dem Prüfstand – besonders flach, besonders klein. Obwohl es nur elf Millimeter dünn ist, enthält es alle Bauteile, die ein Wandler braucht: die Membran, auf deren Rückseite sich eine Spule befindet, und den Permanentmagneten. Beer schiebt die Ärmel seines Kapuzensweatshirts hoch und schließt den Wandler an die Stromversorgung an. Weil sich nun um die Spule ein elektromagnetisches Feld aufbaut, das vom Permanentmagneten angezogen oder abgestoßen wird, beginnt die Membran zu vibrieren. Aus dem Schwingungsverhalten berechnet eine Software das notwendige Volumen des Gehäuses. Der neue Wandler benötigt einen Zentiliter – ein halbes Schnapsglas. Damit ist er, verglichen mit dem Demonstrator schon um die Hälfte geschrumpft. Durch technische Tricks lässt sich das Volumen sogar noch weiter reduzieren: »Indem wir einen stärkeren Antrieb verwenden, der die Dämpfung der Luft überwindet, können wir ein weiteres Drittel einsparen«, erläutert Beer. In der institutseigenen Werkstatt wird das Gehäuse für den Winzling maßgenau angefertigt.

Bringt der miniaturisierte Lautsprecher noch die gewünschte Leistung? Für den Härte-

test kehren wir zurück ins Akustiklabor. Wieder diese beklemmende Stille. Beers Stimme klingt dumpf: »Zugegeben, es ist gewöhnungsbedürftig. Aber ich bin gern hier. Es ist ein idealer Platz, um Lautsprecher zu testen, weil keine Reflexionen die Messergebnisse stören.« Der Raum ist praktisch schalltot. Weil sich aber Reflexionen trotz dicker Mineralwolle-Keile nie hundertprozentig ausschließen lassen, nennen die Forscher ihr Labor – etwas bescheidener, aber dafür physikalisch korrekt – »reflexionsarm«.

Härte-test im Akustik-Labor

Beer hat den Lautsprecher auf einem schwenkbaren Stativ befestigt, nun schließt er die Tür – von außen, denn während der Messungen darf niemand im Raum bleiben: Schallwellen, die vom menschlichen Körper reflektiert werden, könnten die Ergebnisse verfälschen. Vom benachbarten Meßraum aus startet er per Fernbedienung den standardisierten Test. Über eine Kamera kann er das Geschehen beobachten. Auf dem Stativ bewegt sich der neue Lautsprecher Grad für Grad um die eigene Achse, dann dreht er sich nach oben, kreist wieder, bis sämtliche Raumrichtungen abgedeckt sind. An jedem Messpunkt erzeugt er Töne, immer dieselben, die klingen wie das Quieken eines

Meerschweinchens. Ein Mikrofon fängt diesen »Sinus-Sweep« auf und überträgt die Signale an die Rechneinheit. Auf dem Bildschirm erscheinen Kurven. Beer nickt zufrieden: Die Abstrahlung ist gut. »Wenn wir die kleinen Lautsprecher noch etwas verbessern, müssten sie leistungsfähig und laut genug sein, um Fahrgeräusche zu übertönen.« Acht Stück nebeneinander könnten dann dank Personal-Sound-Zone-Technik den Insassen eines Autos individuellen Hörgenuss ermöglichen.

Aber nicht nur für die mobile Beschallung eignen sich die neuen Mini-Boxen: Mit Flachlautsprecher-Arrays, in denen Dutzende der kleinen Schallquellen zusammengeschaltet werden, lässt sich in Wohnzimmern und Besprechungsräumen ein optimaler Sound erzeugen. »Die Klangqualität ist vergleichbar der von hochqualitativen Stereoboxen«, betont Beer. Er muss es wissen, als Hobbymusiker legt er großen Wert auf guten Sound. Weil solche Flachlautsprecher, dank der winzigen, integrierten Gehäuse, nur 24 Millimeter tief sind und direkt auf die Wand montiert werden können, eröffnen sie völlig neue Gestaltungsmöglichkeiten. Man kann sie in ein dekoratives Bild, einen Flachbildschirm oder in eine Schranktür integrieren. Der Klang der Zukunft wird das Auge nicht mehr stören. ■

Schülerinnen und Schüler der Gemeinschaftsschule am Warndtwald in Überherrn nahmen die Physik-Experimente genau unter die Lupe. © htw saar



Legoland in Sankt Augustin



Das Fraunhofer IAIS hat Physikexperimente aus Legosteinen entwickelt, die sich im Schulunterricht einsetzen lassen.

Text: Bernd Müller

Ulrike Petersen ist Informatikerin. Da erwartet man natürlich einen Computer auf dem Schreibtisch, viele schlaue Bücher über Programmiersprachen im Regal und leere Dosen von Softdrinks mit erhöhtem Koffeingehalt – falls der Arbeitstag mal wieder länger dauert. Keinesfalls aber erwartet man das, was sich hinter den Türen eines Büroschranks in Petersens Büro verbirgt: 14 Modelle von überwiegend grauen Legosteinen, die entfernt Windrädern, Getreidemühlen oder Spielzeugautos ähneln. Komplizierte Konstruktionen mit einem Gewirr aus Kabeln und Mechaniken. Petersen frönt in ihrem Büro am Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS in Sankt Augustin aber nicht etwa einer heimlichen Spielsucht, sie entwickelt vielmehr Legomodelle, die Schulen als Lernmaterial im Unterricht einsetzen können. Auf der Lernmesse Didacta Anfang März 2014 in Stuttgart hat die Wissenschaftlerin gemeinsam mit Lego Education den Baukasten und das Physikpaket vorgestellt, mit dem sich alle diese Modelle basteln und Experimente durchführen lassen – mit großem Erfolg. Erste Schulen haben bereits Kästen geordert und das Physikpaket gleich mitbestellt.

Kinder spielerisch für Technik begeistern

Die Baukästen stehen in Petersens Büro zwischen alten Computern, die sie für Kinderheime sammelt. Kinder spielerisch an Technik heranzuführen, ist ihre Mission, die auch der Kooperation mit dem dänischen Klötzchenkonzern zugrunde liegt. Die Zusammenarbeit reicht elf Jahre zurück. Damals entwickelte die Wissenschaftlerin einen Roboter namens Roberta auf Basis von Lego-Mindstorms, dem Vorgängerbaukasten von Lego Education. Der Auftrag kam vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF.

»Roberta – Mädchen erobern Roboter« sollte gezielt weibliche Tüftler animieren, sich mit Robotik und allgemein mit Technik zu befassen. Das Projekt war ein voller Erfolg, das bestätigte die Begleitforschung des IAIS. Die Mädchen lernten, Formeln in der Praxis zu nutzen – etwa, um einen Roboter in einem Kreis fahren zu lassen, der aus vielen kurzen Geraden zusammengesetzt war. »Roberta hat innerhalb von wenigen Stunden das Selbstbewusstsein der Mädchen bezüglich ihrer technischen Kompetenzen gesteigert«, so Ulrike Petersen.

Eines hat Roberta aber nicht geschafft: in den Regelunterricht an Schulen zu kommen. Der Baukasten wurde in den Arbeitsgruppen am Nachmittag verwendet, aber nie für den Physikunterricht. Das liegt vor allem an den unterschiedlichen Curricula in den Bundesländern. Vor eineinhalb Jahren kamen Lego und IAIS zeitgleich auf die Idee, einen neuen Baukasten zu entwickeln, der die Lehrer auch im Unterricht und in den Praktika unterstützt, und das für die Klassenstufen fünf bis zehn in allen Schularten. Einzige Bedingung von Lego: Alle Experimente sollten ausschließlich mit Legosteinen zu bauen sein, ohne sonstige Hilfsmittel.

Die IAIS-Forscherin machte sich mit einem Kollegen an die Arbeit und entwarf 14 Experimente. Sie decken bekannte physikalische Phänomene ab, wie Reibung, schiefe Ebene und freien Fall. In einem Experiment kippt die Steuerung eine Rampe hoch, bis ein Klötzchen den Halt auf der schiefen Ebene verliert, ein Lichtsensor erkennt den vorbeischießenden Klotz. In einem ähnlichen Experiment wird eine Kugel von einer magnetischen Halterung gelöst, Sensoren messen die Zeit, die die Kugel für eine bestimmte Fallstrecke braucht. Auch Experimente zu erneuerbaren Energien oder Auswirkungen einer Kerze auf die Umgebungstemperatur lassen sich aus demselben Baukasten ausführen.

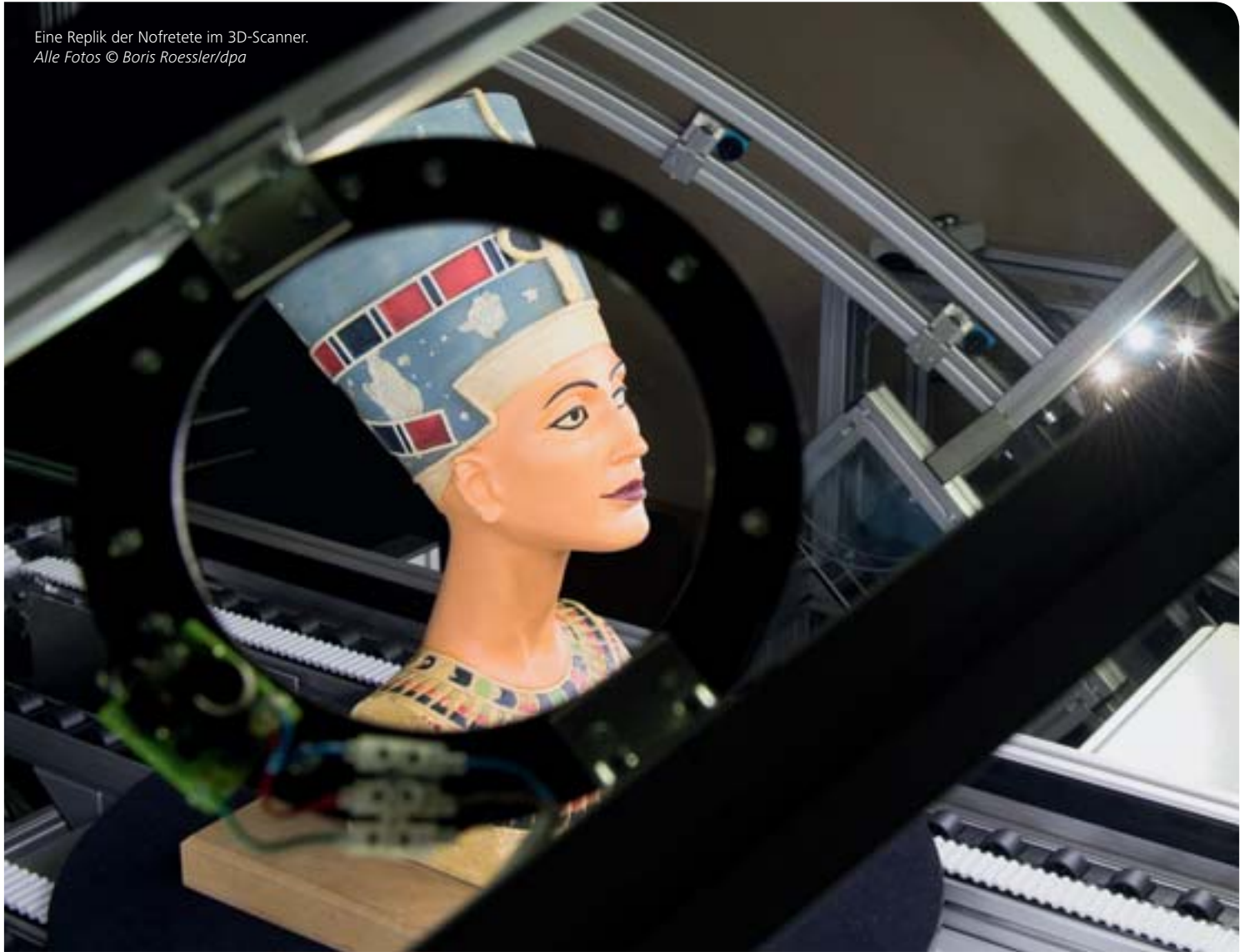
Die Steuerungsprogramme für die Experimente stammen vom Embedded Robotics Lab (EmRoLab) der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlands. Das Team von Professor Martina Lehner hat ebenfalls langjährige Erfahrung in der Technikbildung. So betreut das EmRoLab unter anderem in einem vom Saarländischen Bildungsministerium geförderten Projekt mehr als 50 Schulen, die mit rund 700 Mindstorms-Baukästen von Lego ausgestattet sind.

Ulrike Petersen wertete die Rahmenpläne der Kultusministerkonferenz aus, damit die Experimente genau in die Lehrpläne aller Bundesländer passen. Während der Entwicklung haben die Projektpartner Lehrkräfte dazu eingeladen, Verbesserungsvorschläge zu machen. Die optimierten die Abläufe der Experimente und die Texte in der Anleitung. Für die Schüler sind die Lego-Modelle ein großer Fortschritt im Vergleich zu früheren Experimenten im Schulpraktikum. Der Steuerbaustein erfasst alle Messwerte viel genauer, als es Schüler mit Lineal und Stoppuhr könnten. Mithilfe des Computers lesen die Schülerinnen und Schüler die Daten aus, auch das mühsame handschriftliche Eintragen in ein Protokoll entfällt. Traditionalisten werden einwenden, dass dadurch ein Teil des Lerneffekts verpufft, doch Ulrike Petersen ist anderer Meinung: Jedes Experiment lasse sich von Zweier- oder Dreierteams in zwei Schulstunden aufbauen und ausführen – mit mehr Spaß und ohne Frusterlebnisse durch versagende Technik oder unklare Anleitungen. Auch die Lehrkräfte finden in der Software Unterstützung, ihren Unterricht vorzubereiten. Nicht zu unterschätzen: Die Kästen sind kaum größer als ein Schuhkarton und nehmen im Physiksaal viel weniger Platz weg als die früheren, permanent aufgebauten Experimente.

Lego vertreibt die Kästen weltweit

Mit der Übergabe der Experimente an Lego ist das Projekt für das IAIS-Team erst einmal abgeschlossen. Eine weitere Zusammenarbeit könne man sich vorstellen, sagt die Projektleiterin, wenn Lego das wolle. Eine Option wären zusätzliche Physikexperimente, eine andere ein Baukasten für den Informatikunterricht. Da wären ganz neue Ideen gefragt, denn Informatik gilt als abstraktes Fach. Petersen: »Bei Legosteinen muss sich aber immer was bewegen, das wäre eine interessante Herausforderung.«

Lego vertreibt die Kästen weltweit, unter anderem in den USA und Spanien, wo die Lehrpläne in Physik ähnlich sind wie in Deutschland. Sie kosten zwischen 400 und 500 Euro, reißen also ein erhebliches Loch in das Budget chronisch klammer Schulen. Wie schon bei Roberta stehen die Chancen aber gut dafür, dass öffentliche Förderprogramme sowie Unternehmen und Verbände die Anschaffung unterstützen werden. ■



Kulturschätze in 3D

Überall auf der Welt sind historische Kulturschätze von Kriegen und Naturkatastrophen bedroht. Dank 3D-Digitalisierung sollen sie der Nachwelt zumindest virtuell erhalten bleiben – ein bislang teures und zeitaufwändiges Unterfangen. Mit CultLab3D lassen sich Artefakte erstmals im Akkord effizient einscannen und archivieren – ein Meilenstein auf dem Weg zur industriellen Automatisierung von 3D-Digitalisierungsverfahren.

Text: Ulrike Zechbauer

Wie ein routinierter Promi auf dem roten Teppich blickt Nofretete in die Kameras. Nach wenigen Minuten ist das grelle Blitzlichtgewitter vorbei. Exakt 6561 Aufnahmen mit einer sehr hohen Auflösung von 300 Mikrometern zeigen den weltbekannten Star aus jeder Perspektive und Lichteinfallrichtung. Schnell kreiert der PC aus dem 30 Gigabyte starken Fotopakete ein virtuelles 3D-Abbild der antiken Schönheit. Doch damit ist das Fotoshooting noch nicht zu Ende. Denn wie der Terminkalender eines begehrten Promis ist auch Nofretetes Auftritt durchgetaktet. Umgehend wird sie zur nächsten Station gefahren – zwar nicht auf dem roten Teppich, dafür aber vollautomatisch auf einem stählerne Fließband. Um mögliche Lücken im 3D-Bild zu schließen und selbst das aller kleinste Detail im Größenbereich von 15 Mikrometern zu erfassen, wirft ein Scanner Streifenlicht auf Nofretetes Gesicht. Der Scanner ist an einem flexiblen Roboterarm montiert, der ihn automatisch an zuvor genau berechnete Positionen dirigiert. So kann das Licht die Büste punktgenau abtasten.

Ebenso wie Nofretete sollen künftig Abermillionen Museumsexponate sowie neu entdeckte Artefakte industriell, kostengünstig und vor allem schnell gescannt und archiviert werden. Entsprechende Initiativen gibt es zwar schon seit etwa zehn Jahren. Diese beschränken sich allerdings überwiegend auf 2D-Artefakte: Buchseiten, Gemälde oder Fotografien. Doch wie lässt sich das weltweite 3D-Kulturerbe, etwa Büsten, Statuen oder Münzen digital bewahren? Allein in Deutschland warten mindestens 250 Millionen dreidimensionale Artefakte auf ihre Digitalisierung. Die wenigen bislang verfügbaren 3D-Digitalisierungsverfahren sind teuer und

haben vor allem einen gravierenden Nachteil: Sie arbeiten sehr langsam. Für den Scan eines einzigen Exponats benötigen sie Stunden. »Mit solch langen Scanzeiten können wir der Menge an Kunstobjekten niemals Herr werden«, sagt Pedro Santos, Informatiker und Leiter der 2012 gegründeten Abteilung »Digitalisierung von Kulturerbe« am Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD in Darmstadt.

Extrem verkürzte Scanzeit

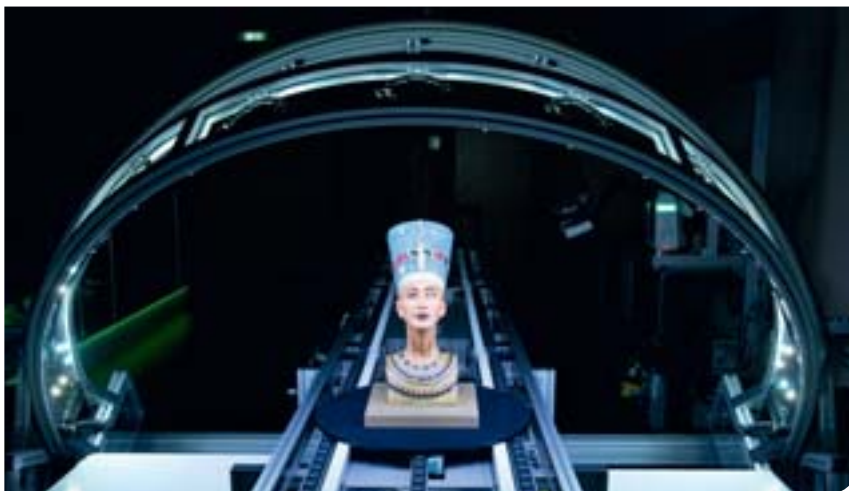
Hervorgegangen ist diese Einheit aus den Abteilungen für Industrielle Anwendungen sowie Medizintechnik. »Um heutige Fragestellungen zu lösen, muss man immer mehr Synergien aufbauen. Unser Team ist multidisziplinär aufgestellt, so dass wir nicht nur neue Software-, sondern insbesondere auch Hardware-Lösungen realisieren können. Die Zeiten des Forschens im Elfenbeinturm sind definitiv vorbei«, sagt Santos. Die Forschungsergebnisse aus den unterschiedlichsten Industrie- und EU-Projekten fließen so zusammen. Mit Erfolg: In der weltweit einmaligen 3D-Digitalisierungsstraße namens CultLab3D schuf das Team die technologische Basis für die effiziente und schnelle Digitalisierung von Kulturschätzen. Der gesamte Vorgang inklusive Klassifizierung und Archivierung dauert nur wenige Minuten.

Unsichtbares sichtbar machen

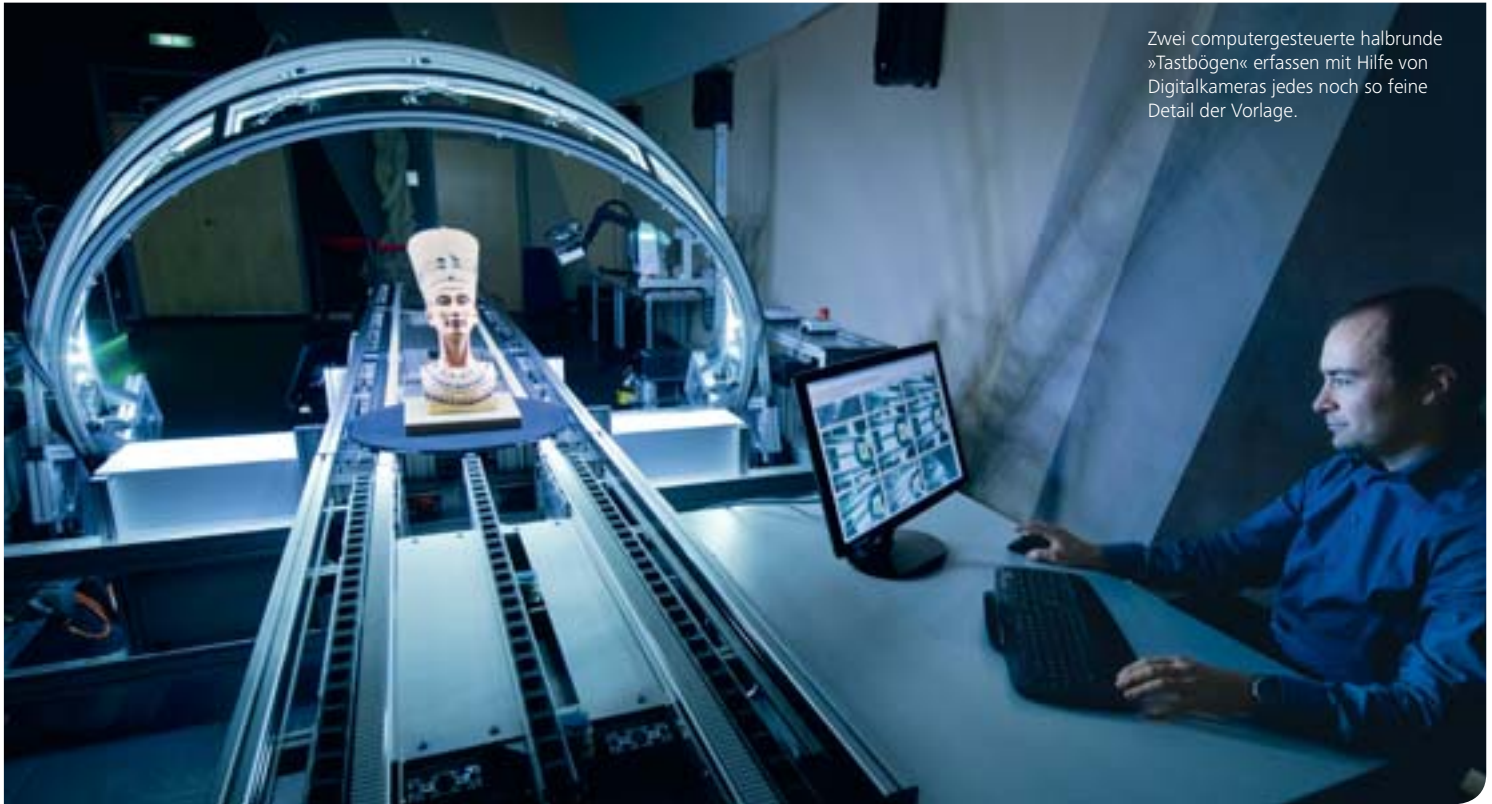
CultLab3D erfasst nicht allein Geometrie und Textur von Artefakten, sondern auch ihre optischen Materialeigenschaften. Beispielsweise kann derselbe Punkt auf der Oberfläche eines Minerals unter verschiedenen Lichteinfall-

richtungen und Perspektiven unterschiedliche Anmutung besitzen, da seine Absorptions- und Reflektionseigenschaften in verschiedene Richtungen variieren. »All dies können wir mit unserem Verfahren fotorealistisch reproduzieren«, betont Santos. »Die 15 Jahre Vorlauforschung, die in CultLab3D stecken, tragen nun Früchte.« Je nach Exponat sieht das Verfahren sogar weit mehr als das menschliche Auge. Auf einem der lediglich 26 erhaltenen Rongorongo-Artefakte der Osterinsel zum Beispiel zeigt das 3D-Modell auf dem Bildschirm bislang unentdeckte Schriftzeichen. Dank spezieller Filter beim Scannen macht CultLab3D zudem die künstlerische Darstellung antiker Münzen sichtbar. »Altes Geld weist häufig eine veränderte Textur auf, etwa farbliche Veränderungen, welche die Sicht aufs Relief versperren. Im digitalen Modell lassen sich solche Texturen wegnehmen und die ursprüngliche Form des Objekts betrachten«, berichtet Santos.

Ein 3D-Modell alleine ist ohne Verknüpfung zu weitergehenden Informationen allerdings relativ wertlos. »Deshalb haben wir darüber hinaus ein spezielles Anotationssystem entwickelt, mit dem wir das virtuelle 3D-Abbild mit kulturhistorischen Daten wie dem Entstehungszeitraum, dem Künstler oder mit verwandten Artefakten verknüpfen können. Wenn wir wissenschaftliche Notizen direkt an die jeweilige Stelle des Modells virtuell anheften, bleiben sie dauerhaft erhalten. Die heute in den Museumsdepots durchaus noch üblichen handschriftlichen Karteikarten können hingegen schon einmal verloren gehen. Schlimmstenfalls sind wertvolle Informationen dann unwiederbringlich weg«, erläutert der Experte. Doch wie gut sind die heute verfü-



Nur wenige Minuten benötigen die Wissenschaftler, um die Büste einzuscannen.



Zwei computergesteuerte halbrunde »Tastbögen« erfassen mit Hilfe von Digitalkameras jedes noch so feine Detail der Vorlage.

baren Technologien zur Datenspeicherung? Schließlich gilt es, die virtuellen Kulturschätze samt lückenlosem Herkunftsnachweis und damit riesige Datenmengen für Hunderte von Jahren zu sichern. Die nüchterne Wahrheit: Bislang existiert noch keine Speichertechnologie, mit der sich dies realisieren lässt. »Deshalb beschäftigen wir uns bei CultLab3D auch intensiv mit den Fragen rund um die Datenspeicherung«, resümiert Santos.

Rechte am Modell klären

Eine weitere Schwierigkeit: Es gibt keine klare Rechtslage, wem die Ergebnisse der 3D-Digitalisierung von Kulturerbe gehören. Sind sie Eigentum des Kunstobjekt-Besitzers? Und wie sieht es bei Leihgaben aus? »Wir wollen es unbedingt vermeiden, in den kommenden Jahren mit einer technischen Lösung bereitzustehen, die wir dann aufgrund rechtlicher Ungereimtheiten nicht nutzen dürfen«, gibt der Wissenschaftler zu bedenken. »Deshalb beabsichtigen wir sozusagen ein ganzes Ökosystem zu entwerfen.« Teil dieses Systems ist beispielsweise das neu gegründete Forum »Kultur 3D«. Das Forum

soll Vertreter aus Forschung, Wirtschaft, Kultur und Politik zweimal im Jahr an einen Tisch bringen, damit die Rahmenbedingungen klar abgesteckt werden.

Noch in diesem Jahr – so der Plan – nimmt ein Prototyp der mobilen Scanstraße nacheinander in vier Berliner Museen sowie im Frankfurter Liebighaus die Arbeit auf. Dann wird sich zeigen, wie gut und vor allem wie schnell CultLab3D in der Praxis funktioniert. Die Resultate sollen mit herkömmlichen Digitalisierungssystemen verglichen werden. Entsprechende Referenzdaten haben studentische Hilfskräfte bereits im Vorjahr gesammelt: Sie erfassten diverse Kunstobjekte der betreffenden Museen mit handelsüblichen Streifenlichtscannern digital.

3D-Replik auf Knopfdruck

CultLab3D ist zunächst für 60 Zentimeter hohe und 60 Zentimeter breite Objekte mit einem maximalen Gewicht von 50 Kilogramm geeignet. Mittelfristiges Ziel ist es, eine ganze Bandbreite an unterschiedlichen Digitalisierungstechnologien anzubieten. Noch in 2014

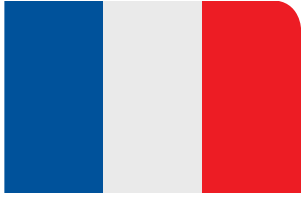
wollen die Wissenschaftler ein Robotersystem realisieren, mit dem sich auch zweieinhalb Meter große Statuen automatisch scannen und digitalisieren lassen. Zudem arbeiten sie an Systemen für autonome Drohnen, die weitläufige Ausgrabungsstätten digital aus der Luft erfassen.

Die Fraunhofer-Forscher planen noch weiter: Die Abteilung »3D-Druck-Technologien« entwickelt einen innovativen 3D-Kopierer. Damit sollen sich künftig echte 3D-Modelle ausdrucken lassen, die sogar optische Materialeigenschaften wie Glanz oder Lichtdurchlässigkeit des Originals berücksichtigen.

Wer weiß, vielleicht nimmt dann der eine oder andere Museumsbesucher eine täuschend echte Nofretete-Replik mit nach Hause – oder seine ganz persönliche Favoritin: die antike Schönheit mit zwei vollständigen Augen. ■



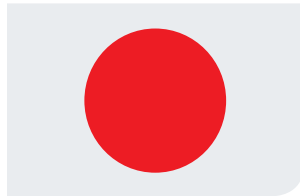
www.fraunhofer.de/audio
online ab 4. August 2014



Leicht in die Zukunft

Wer wenig wiegt, braucht weniger Energie. Im Zeitalter knapper werdender Ressourcen sind im Automobil-, Schiffs- und Flugzeugbau Komponenten aus federleichten aber dennoch stabilen Faserverbundwerkstoffen gefragt wie nie zuvor. Wer die besten und günstigsten Produktionstechniken für die Herstellung der neuen Werkstoffe besitzt, hat auf dem Weltmarkt die besten Chancen. Doch die Entwicklung und Verarbeitung der neuen Faserverbundwerkstoffe ist interdisziplinäres Denken notwendig: Leichtbauteile müssen dieselben Sicherheitsanforderungen erfüllen wie klassische Karosserie-Bauteile, sollten möglichst kostengünstig in der Herstellung sein und recycelbar.

Deutsche und französische Forscher wollen künftig gemeinsam Technologien entwickeln, um die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie zu steigern. Am 12. März unterschrieben Andreas Büter, Sprecher der Fraunhofer-Allianz Leichtbau, und Gérard Lignon, Präsident des französischen Forschungszentrums IRT Jules Vernes in Nantes, ein Memorandum of Understanding. An dem Forschungszentrum der Universitätsstadt sind neben Airbus und Renault auch zahlreiche Zulieferer und Hersteller aus der Automobilindustrie, Schiff- und Luftfahrt sowie Windkraftwerken beteiligt. In verschiedenen Forschungsprojekten wollen die Fraunhofer-Institute jetzt zusammen mit den französischen Kollegen in Nantes neue Techniken zum Laserbearbeiten, zum Fügen, Handling und zur Oberflächenbearbeitung von Leichtbauteilen entwickeln.



Erneuerbare Energien

Nach dem Reaktorunfall von Fukushima ist das Interesse an erneuerbaren Energien in Japan nach oben geschneilt. Im April wurde ein neues Forschungszentrum, das Fukushima Renewable Energy Institute, eröffnet. Die Forscher dort arbeiten künftig eng mit den Wissenschaftlern und Ingenieuren am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg zusammen. Ein Memorandum of Understanding haben sie im Februar unterzeichnet.

»Angewandte Forschung ist ein Schlüsselfaktor bei der technologischen Entwicklung von Unternehmen, vor allem im Bereich der erneuerbaren Energien«, betonte Fumio Murata, der Vizegouverneur von Fukushima. »Sie wird die industrielle Wettbewerbsfähigkeit in der Region wiederherstellen.« Prof. Eicke Weber, Leiter des ISE, erklärte, Solarenergie sei eine der Säulen der künftigen nachhaltigen und kohlendioxidfreien Energieversorgung: »Wir müssen daher in der Forschung international zusammenarbeiten und sind glücklich, dass wir jetzt unsere Kooperation mit Japan intensivieren können.«



Mini-Diesel

Wie stark kann ein Diesel-Motor schrumpfen? Dieser Frage sind Fraunhofer Forscher gemeinsam mit den Wissenschaftlern des Pariser Carnot-Instituts ifp energies nouvelles auf den Grund gegangen. »Der Markt verlangt nach kleinen und sehr sparsamen Motoren, die weniger Treibstoff verbrauchen als traditionelle Modelle, aber genauso leistungsfähig sind«, erklärt Björn Haffke vom Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt. »Während es bei Benzinern schon sehr viele ausgereifte Hybridmodelle mit geringem Verbrauch gibt, sind bisher nur wenige Hybridfahrzeuge mit Dieselmotoren verfügbar. Dabei sind gerade diese besonders effizient.«

Mit einem ausgetüftelten Simulationsverfahren hat das binationale Forscherteam gezeigt, dass sich auch Dieselmotoren miniaturisieren lassen. Die Darmstädter Experten lieferten das mathematische Modell, aus Paris kam die Software, die Treibstoffverbrauch beziehungsweise Schadstoffemission berechnet.

Ergebnis: Dieselmotoren lassen sich enorm verkleinern, etwa indem man statt vier nur zwei Zylinder verwendet. Mit der Miniaturisierung sind allerdings Veränderungen im Schwingungsverhalten verbunden, die ausgeglichen werden müssen – beispielsweise indem man einen Hybridmotor anschließt, der die notwendigen Gegenschwingungen erzeugt. Die Größenreduktion hat also einen Preis – und der steigt mit zunehmender Miniaturisierung, erläutert Haffke: »Wir sind in diesem Projekt an die technischen Grenzen gegangen. Dadurch konnten wir aufzeigen, ab wann eine Verkleinerung nicht mehr wirtschaftlich ist.«



Internet für alle

Savannen, Seen – Landschaft soweit das Auge reicht. Für Touristen ist die Weite Tansanias ein unvergessliches Erlebnis. Wer dort wohnt, weiß, dass sie auch mit Unannehmlichkeiten verbunden sein kann. Zugang zum Internet beispielsweise ist vielerorts schwierig. »Die Erschließung durch Glasfaser ist gerade in ländlichen Gegenden zu kostspielig, für Kupferkabel sind die Distanzen zu groß, die vorhandenen Mobilfunknetze nicht ausreichend«, erklärt Eric Schütz vom Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS.

Zusammen mit seinem Team baut er entlang des Victoria-Sees ein Netzwerk auf, das künftig entlegene Krankenhäuser, Schulen und Verwaltungseinrichtungen ans WorldWideWeb anschließen soll. Der zentrale Controller des Netzes befindet sich in der Stadt Bunda. Von dort aus werden die Daten per Richtfunk in die Region gesendet: schnell, kostengünstig und sicher. Alles was man dafür benötigt, sind WiBACK-Knotenpunkte, die bis zu 20 Kilometer auseinander stehen dürfen, zwischen denen jedoch Sichtkontakt bestehen muss. Die Abkürzung WiBACK steht dabei für Wireless Backhaul, ein dezentrales, drahtloses Übertragungssystem, mit dem sich riesige Gebiete versorgen lassen. Denn jeder Knoten kann nicht nur Ausgangspunkt für ein regionales WLAN, sondern auch für weitere Verbindungen werden.

Robuste Chips fürs schlaue Haus

Häuser sollen intelligenter werden, selbst kontrollieren, ob die Kaffeemaschine angeschaltet ist, oder erkennen, wer gerade den Raum betritt. Die Technik aber werden Kunden nur dann akzeptieren, wenn sie Jahrzehnte lang funktioniert. Eine Voraussetzung dafür sind langlebige Mikrochips.

Text: Tim Schröder

Das Haus der Zukunft wird intelligent sein. Schon heute gibt es LED-Beleuchtungen, die man vom Smartphone aus steuern kann. Schon bald soll noch mehr möglich sein. Von unterwegs wird man abfragen können, ob die Kaffeemaschine ausgeschaltet oder das Fenster im Schlafzimmer geschlossen ist. Kleine Sensoren werden erkennen, wenn man es sich auf dem Sofa gemütlich macht und das Licht in Kuschelstimmung dimmen.

Die Vision vom vollautomatischen Heim, das mit seinen Bewohnern kooperiert, ist nicht neu, doch jetzt wird sie zunehmend konkret. Bereits vor einigen Jahren hat Fraunhofer mit dem inHaus-Zentrum eine Innovationswerkstatt anwendungsorientierter und marktnaher Forschung für intelligente Raum- und Gebäudesysteme gegründet. Weitere Grundlagen für das »intelligente« Haus werden im Verbundprojekt EnKonSens (Energieautarke Mobilität für kontextsensitive Gebäudeautomatisierung) gelegt. Hier arbeiten mehrere Industrieunternehmen gemeinsam mit Forschern vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Instituts-Teil EAS in Dresden, daran, Häuser mit Sensoren auszustatten und mit der Gebäudeelektronik zu verknüpfen. Neu an ihrem Konzept ist, dass dafür künftig kabellose Schalter und Sensoren eingesetzt werden – eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass Kunden die intelligente Steuerung vom Kunden akzeptieren.

Häuser lassen sich nachrüsten

»In den meisten Fällen ist es doch so, dass man bestehende Häuser nachrüsten wird – wofür man normalerweise die Wände aufreißen müsste, um Leitungen zu verlegen und Sensoren einzubauen«, sagt Roland Jancke, der am IIS für EnKonSens verantwortlich ist und die Arbeitsgruppe Zuverlässigkeit und Test leitet. »Für viele Hausbesitzer ist das zu aufwändig und zu teuer.« Sehr viel einfacher ist die

Kabellose Sensoren sind mit der Gebäudeelektronik verknüpft und sorgen so für besten Komfort bei niedrigem Energieverbrauch. © mauritius



kabellose Technik, die es heute zum Teil bereits gibt. Die Firma EnOcean etwa, einer der sechs EnKonSens-Projektpartner, stellt seit mehreren Jahren Lichtschalter her, die Geräte und Lampen einfach per Funksignal an- und ausschalten. Die Schalter kommen ganz ohne Batterien aus, weil sie die für das Funksignal benötigte Energie allein aus der Kippbewegung des Lichtschalters gewinnen. Energy-Harvesting wird dieses Prinzip genannt, bei dem Geräte ihre Betriebsenergie aus der Umwelt ernten.

Der Schritt zum intelligenten Haus mit kabellosen Lichtschaltern und -sensoren ist also gar nicht so groß. Dennoch sind noch einige Herausforderungen zu meistern – etwa die

Lebensdauer der Komponenten. Ein Haus steht 50 oder gar mehr als 100 Jahre. Entsprechend lange sollte die Haustechnik mitspielen und zuverlässig arbeiten. Wer im Schlafzimmer einen Notrufknopf für pflegebedürftige Menschen installiert, muss sich darauf verlassen können, dass dieser jederzeit funktioniert.

»Viele elektronische Komponenten sind aber nur für eine kurze Lebensdauer ausgelegt«, sagt Jancke. »Ein Smartphone beispielsweise wird oftmals schon nach drei bis vier Jahren durch ein neues Gerät ersetzt.« Das bedeutet jedoch auch, dass die Komponenten schnell versagen – vor allem die in den Geräten verbauten Controllerchips, die integrierten Schaltkreise, kurz ICs,

welche die Geräte steuern. Während des Betriebs entstehen im Chip beispielsweise hohe Feldstärken, durch die Elektronen stark beschleunigt werden. Wie ein Geschoss schlagen sie im Halbleitermaterial des Chips ein. Vor allem der Isolator, der die verschiedenen Schichten des Halbleiters voneinander trennt, wird dadurch mit der Zeit mürbe. Irgendwann versagt der Chip.

Chip hierarchisch, blockweise, durchgerechnet wird: »Mit dieser Empfindlichkeitsanalyse können wir das Problem sehr schnell einengen.«

In Janckes Analysen fließen auch Informationen der Chiphersteller über die Zusammensetzung der Halbleitermaterialien und deren physikalische Eigenschaften ein. Denn vom Material hängt es ab, wie schnell ein Chip degeneriert.

ten, denn der Zerfall zieht sich über Jahre hin. Bauteile werden deshalb kurzen, extremen Belastungstests ausgesetzt – etwa sehr hohen Spannungen. Janckes Aufgabe ist es, die Zerfallsprozesse, die dabei in wenigen Sekunden oder Minuten ablaufen, in seiner mathematischen Analyse über Jahre zu strecken und so ein langsames Versagen zu simulieren. Dabei muss er sicherstellen, dass beim Kurzzeitversuch dieselben Vorgänge ablaufen, wie beim Langzeiterfall. Doch das lässt sich leicht prüfen. »Arbeitet unsere Simulation korrekt, kann sie den Zerfall ja durchaus ebenfalls in wenigen Minuten ablaufen lassen«, erklärt Jancke. »Liefert sie dasselbe Ergebnis wie der Kurzzeitversuch mit Maximalstress, wissen wir, dass sie die Realität richtig abbildet. Und dann können wir auch einen langjährigen Verfall realistisch simulieren.«

Für einige Alterungsmechanismen haben die IIS-Wissenschaftler bereits Analysen entwickelt. Für andere müssen sie die Alterungsdaten noch in die Software eingeben und passende mathematische Modelle finden. Jancke betont, dass es für ein intelligentes Haus nicht ausreicht, einfach verschiedene Komponenten zu installieren. »Ein solches System kann den Kunden nur dann überzeugen, wenn es leicht zu montieren und wartungsfrei ist«, so der Experte. Die Haltbarkeit der Komponenten sei eine Grundvoraussetzung dafür.

Sensoren helfen beim Energiesparen

Mit EnKonSens wollen die Kooperationspartner noch mehr erreichen. Sie arbeiten in dem Projekt unter anderem an einfachen Bedienoberflächen für Smartphones, mit denen sich die Gebäudetechnik intuitiv steuern lässt. Zudem soll das Smartphone auch erkennen, in welchem Raum sich der Nutzer gerade befindet und ihm ein detailliertes Lichtsteuerungsmenü zum entsprechenden Zimmer aufs Display spielen können. Und natürlich spielt bei EnKonSens auch das Energiesparen eine wichtige Rolle – nicht allein das Energy-Harvesting. Wegen der vielen Sensoren wird die intelligente Gebäudesteuerung unter anderem automatisch die Heizung regeln können. Scheint beispielsweise die Frühjahrs-sonne ins Zimmer, werden Lichtsensoren Befehl geben, die Heizung zu drosseln, noch ehe der Temperaturfühler etwas bemerkt hat. Und dank Janckes Analyse werden die Sensoren auch in Jahrzehnten noch ihren Dienst tun. ■



Gateway/Controller

Präsenzmelder passen die Temperatur an und schalten in unbenutzten Räumen automatisch das Licht aus.

Fensterkontakte schalten bei geöffnetem Fenster Heizung und Klimaanlage aus.

Heizventil für die autarke, energieeffiziente Raumtemperaturregelung.

Batterielose Funkschalter steuern Beleuchtung und Beschattung.

Zwischenstecker zur Steuerung und Überwachung von Haushaltsgeräten.

Einzelraumregelung sorgt für minimalen Energieverbrauch und maximalen Komfort.

Wer im Haus der Zukunft langlebige Komponenten verbauen will, muss also robustere Chips konstruieren. Genau das ist Roland Janckes Aufgabe. In seiner Gruppe wird spezielle Software entwickelt, um das Schaltungsdesign von Integrated Circuits (IC) und Mikrocontrollern robust zu gestalten, also jener Schaltkreise mit Hunderttausenden winziger Transistoren, welche die Rechenoperationen durchführen. »So ein Designprozess ist Standard, für uns besteht jetzt die Aufgabe darin, die Schwachstellen eines ICs zu detektieren, die Punkte, an denen er altert.« Jeden einzelnen Transistor darauf zu prüfen, wann er ausfallen könnte, würde viel zu lange dauern. Jancke und seine Mitarbeiter haben daher mathematische Methoden entwickelt, mit denen ein

»Haben wir eine Schwachstelle entdeckt, können wir das Design daran anpassen«, sagt Jancke. Ein winziger Transistor, der wie ein Stromschalter im Chip funktioniert, lässt sich beispielsweise so designen, dass er bereits bei einer leicht verringerten Schwellspannung schaltet. Damit bezeichnet man jene Spannung, bei welcher der Transistor Strom leitet und ein Signal auslöst. Der Transistor hat gewissermaßen eine Spannungsreserve. Sogar wenn sich seine elektrischen Eigenschaften über die Jahre durch Materialermüdung verschlechtern, wird die Spannung das Signal sicher auslösen.

Natürlich lässt sich die Ermüdung eines elektronischen Bauteils nicht in Echtzeit beobach-



Sensoren für mehr Sicherheit

Schäden an Schienenfahrzeugen erkennen, bevor es zu spät ist, aber auch Züge erst dann warten, wenn es wirklich nötig wird: Das soll dank neuartiger Mensch-Maschine-Kommunikation über ein cloudgestütztes drahtloses Sensornetzwerk möglich werden.

Text: Chris Löwer

Defekte Radreifen eines Zugs können dramatische Folgen haben. Deshalb setzt die Deutsche Bahn auf engmaschige Kontrollen der ICE-Radsätze, was allerdings sehr zeit- und kostenintensiv ist. Forscher des Berliner Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM entwickeln zusammen mit Industriepartnern derzeit eine Lösung, durch die höchste Sicherheit bei weniger Aufwand gewährleistet werden kann. »Wir wollen sehr früh Schäden detektieren und weg von der intervallbasierten Wartung hin zur zustandsbasierten Instandsetzung«, erklärt Dr. Michael Niedermayer, der am IZM die Arbeitsgruppe Technologieorientierte Designmethoden leitet. Er koordiniert das Projekt »Mobile Sensorsysteme für zustandsbasierte Instandhaltung«, kurz: MoSe.

Das Depot vermeiden – durch lückenlose Kontrolle

Dahinter verbirgt sich ein cloudgestütztes drahtloses Sensornetzwerk, für das alle Achsen und Fahrgestelle eines Zugs mit kleinen Funksensoren bestückt werden. Diese erfassen die für den Zustand der Verschleißteile relevanten Daten und leiten sie weiter. Sogar feinste Risse einer

Drahtlose Sensorik zur Ermittlung von Rad-/Schiene-Fehlermustern wird die Sicherheit im Schienenverkehr deutlich erhöhen. © Paul Langrock/Zenit/laif



Kugel in einem Lager sollen so erkannt werden. Niedermayer: »Die Sensorknoten können kleinste Schwingungsänderungen erfassen. Wir nennen das Tiefendiagnose.« Das ermöglicht eine Reparatur, bevor es scheppert und sich ein Schaden auswächst.

Früh einzugreifen ist heute nur mit teurer Messtechnik möglich, wofür der Zug aus dem Verkehr gezogen wird. »Das Besondere an dem Ansatz ist, dass er eine lückenlose Kontrolle während der Fahrt erlaubt und Züge nicht ins Depot müssen – wobei eine Sichtprüfung auch nicht zu hundert Prozent zuverlässig ist«, bemerkt Manfred Deutzer vom Projektpartner Deutzer Technische Kohle GmbH. Zwar gibt es auch drahtgebundene Sensoren, mit denen Fahrwerke von Schienenfahrzeugen auf Verschleiß überprüft werden, doch diese erreichen nicht die hohe Diagnosequalität, welche die MoSe-Entwickler anstreben.

Mit MoSe sind exakte Angaben etwa darüber möglich, ob ein Achslager in drei Monaten ausgetauscht werden muss – und nicht auf Verdacht deutlich eher. Wenig wirtschaftlich ist auch die bislang übliche Wartung von Rädern, die nach starren Intervallen abgedreht werden, um Flachstellen zu beseitigen, die auch Schienen verschleifen lassen. »Dies ist dreimal möglich, dann wandern die Räder auf den Schrott«, berichtet Deutzer. »Sinnvoller und kostensparender wäre es, nur schlecht laufende Räder zu schleifen, doch für Flachstellen gibt es noch keine gute Analyseanwendung.« Die soll MoSe liefern.

Mehr noch: »Wir möchten nicht nur die Diagnostik verbessern, sondern vor allem die erfassten Daten möglichst detailliert und passgenau aufbereiten«, sagt Niedermayer. So soll der Zugführer die für ihn wichtigen Informationen etwa über einen kritischen Radschaden erhalten, der Diagnostiker detaillierte Messdaten, um beurteilen zu können, wie schnell etwa ein Getriebeschaden voranschreitet, oder der Entwickler statistisch aufbereitete Messwerte zum Verschleiß aller Teile, die er benötigt, um das technische Design der nächsten Produktgeneration zu verbessern. Alle Beteiligten bekommen die Daten so geliefert, dass sie gleich damit arbeiten können. Dafür werden intelligente Diagnose-Algorithmen entwickelt. »Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass sich die drahtlosen

Sensoren leicht nachrüsten lassen«, sagt Mikrosystemtechniker Niedermayer.

Innovativ ist auch, dass sich das System an die unterschiedliche Drehzahl des untersuchten Materials, etwa der Räder von Zügen, anpassen und so äußerst präzise Daten in jedem Betriebszustand liefern kann. Bislang sind Sensoren nur auf die konstante Drehzahl ausgelegt, was einfacher handhabbar ist, worunter aber die Diagnosequalität leidet. Möglich wird das durch die intelligenten Analyse-Algorithmen. Allerdings ist deren Entwicklung eine Gratwanderung: »Sie dürfen nicht zu viel Rechenpower und damit Energie für sich beanspruchen, weil das System batterieless funktionieren soll«, erklärt Niedermayer. MoSe setzt auf Energy Harvesting, erntet also Energie aus der Umwelt. Geprüft wird noch, ob als Quelle Vibrationen dienen sollen oder Wärme, die beim Rotieren der Teile entsteht. Strom benötigt man auch, um die Daten in die »Wartungswolke«, die Maintenance-Cloud, zu funken, wo die Mess- und Analysedaten verschlüsselt für die Nutzer abgelegt werden.

Startklar für den Härtetest

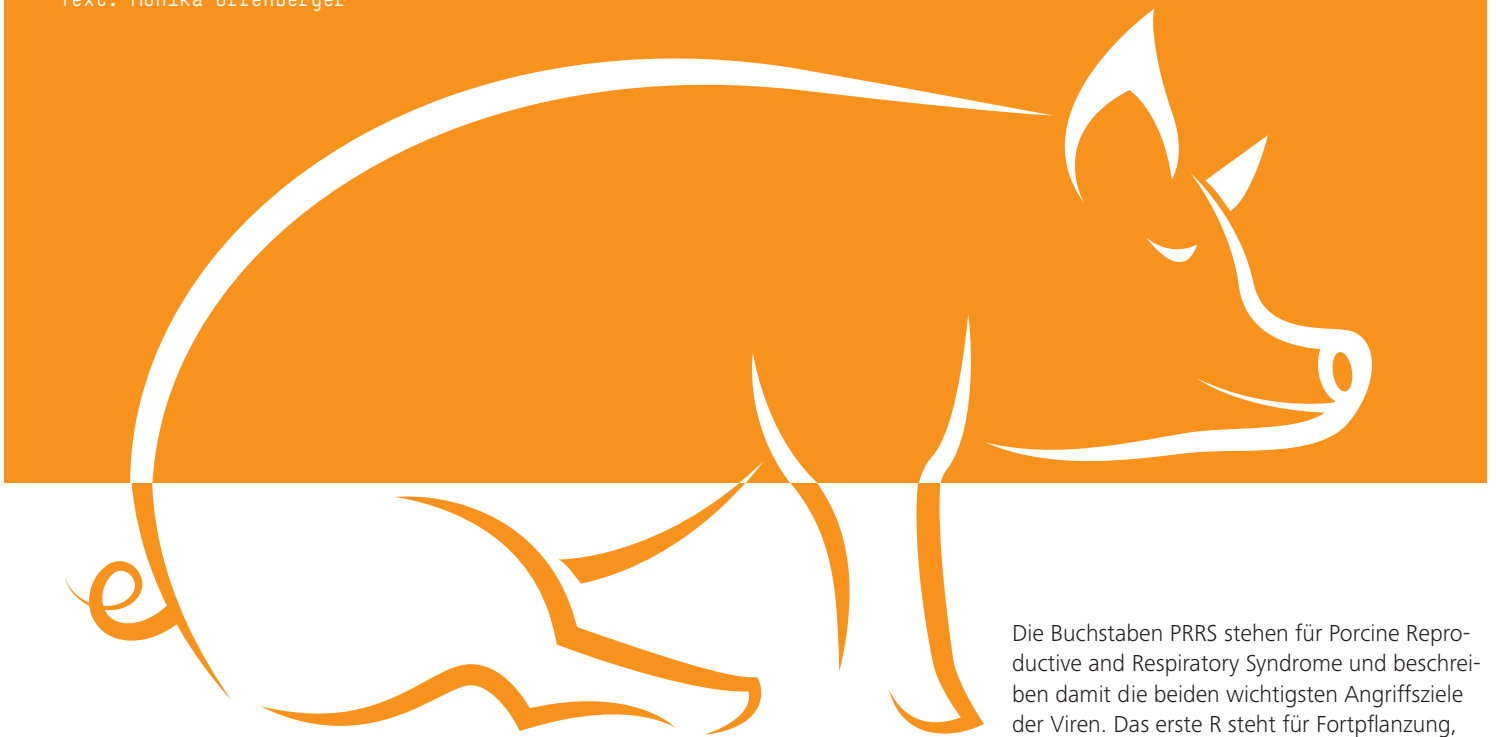
Die Projektpartner der IMC Meßsysteme GmbH, der Gesellschaft für Maschinendiagnose mbH, der Deutzer Technische Kohle GmbH, der Lust-Hybrid-Technik GmbH, der Technischen Universität Berlin und der Bombardier Transportation GmbH arbeiten an weiteren Anwendungen. »Denkbar ist, das System in allen Industrieanlagen mit verschleißanfälligen Komponenten einzusetzen, bei denen sich die Drehzahl des Antriebs verändert, beispielsweise beim Walzantrieb eines Warmbandwalzwerks«, sagt Niedermayer. Oder es bei Tests von Autoprototypen und der Zuliefererindustrie zu nutzen.

In den kommenden beiden Jahren wird ein MoSe-Prototyp entwickelt, der sich in einer Straßenbahn der Verkehrsbetriebe Brandenburg an der Havel bewähren soll. Danach könnte das System zunächst S-Bahnen und Fernzüge überwachen. Schließlich gibt es hier einen großen Markt. Die Zahl der Reisenden mit der Deutschen Bahn stieg nach Unternehmensangaben 2013 um 49 Millionen auf 1,974 Milliarden – ein neuer Rekord. Und die Züge sind auf Fernstrecken immer schneller unterwegs, womit die Sicherheitsanforderungen steigen. ■

Nachweis für Schweinevirus-Infektion

Atemwegsbeschwerden, Fruchtbarkeitsstörungen, Geburt schwacher Ferkel – das Schweine-Virus PRRS ist gefürchtet. Mit einem neuen Test lässt sich die Infektion nachweisen.

Text: Monika Offenberger



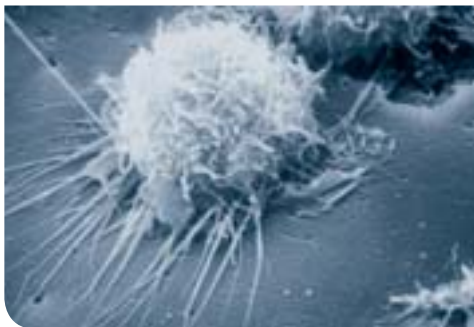
Die Augen tränen, der Körper ist vom Fieber geschwächt, die Bronchien rasseln und machen das Atmen schwer: Das sind die typischen Symptome einer Infektion durch Viren – und davon gibt es jede Menge verschiedener Arten, Typen und Subtypen, die sich in ihrer genetischen Ausstattung unterscheiden. Einige von ihnen haben es nicht auf Menschen abgesehen, sondern auf Schweine. Besonders gefürchtet ist ein noch relativ wenig erforschtes Virus, das in Fachkreisen schlicht »PRRSV« genannt wird und in zwei Subtypen auftritt. Erstmals 1987 in

den USA nachgewiesen, verbreitet sich diese Tierseuche in aller Welt und verursacht in der Lebensmittelproduktion jährlich wirtschaftliche Schäden in Milliardenhöhe. Schätzungen zufolge sind allein in Deutschland 70 bis 80 Prozent aller Schweinezuchtbetriebe von dem Erreger kontaminiert. Jetzt gibt es erstmals einen zuverlässigen Test, mit dem sich die beiden Subtypen eindeutig nachweisen lassen. Er wurde im Leipziger Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI entwickelt und zusammen mit der Analytik Jena AG zur Marktreife gebracht.

Die Buchstaben PRRS stehen für Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome und beschreiben damit die beiden wichtigsten Angriffsziele der Viren. Das erste R steht für Fortpflanzung, das zweite für die Atemwege. Will heißen: Das Schweinevirus trifft nicht nur die infizierten Tiere selbst, sondern vor allem auch deren Nachwuchs. Was das für die Zuchtbetriebe bedeutet, erklärt Dr. Sebastian Ulbert, Leiter der Arbeitsgruppe Impfstoff-Technologien am IZI: »Die Infektion der trächtigen Muttersauen verläuft oft unbemerkt oder harmlos. Aber sie führt zu einer verkürzten Trächtigkeit. Das hat zur Folge, dass die Ferkel entweder tot geboren werden oder unterentwickelt, immunschwach und oft mit Atemwegserkrankungen auf die Welt kommen und innerhalb weniger Tage sterben.« Um der Seuche Einhalt zu gebieten, wurden Impfstoffe für jeweils einen der beiden Virus-Subtypen ent-

wickelt. Das Problem: »Wenn man gegen einen Subtypen impft, können sich die Schweine oft noch mit dem anderen infizieren. Also möchte man gerne einen Impfstoff, der beide Typen abdeckt – und darüber hinaus in puncto Sicherheit optimiert ist.«

Den enormen Bedarf an neuartigen Impfstoffen vor Augen begann das IZI bereits 2007 mit der immunologischen Forschung am PRRS-Virus. »Die Arbeiten hat das Institut selbst finanziert. Denn das waren ja reine Forschungs- und Entwicklungskosten«, erinnert sich Sebastian Ulbert, der damals gerade die Laborleitung übernommen hatte: »Wir haben schnell gemerkt: Wenn wir einen Impfstoff entwickeln wollen, brauchen wir spezifische Nachweise in Form von gentechnisch hergestellten Antigenen. Denn nur so können wir überprüfen, ob unsere Präparate überhaupt wirken. Also kamen wir 2008 auf die Idee, gleich direkt einen Nachweistest mittels Antigenen mitzuentwickeln.« Gesagt, getan. Die Fraunhofer-Forscher klopften bei den Tiermedizinern von der Universität Leipzig an und baten

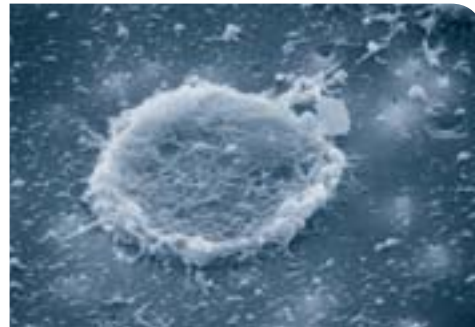


Gesunde Lungenabwehrzelle (Makrophage) mit »Fangarmen«. © Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH

um Serumproben von infizierten Schweinen. »Ohne diese Zusammenarbeit wäre gar nichts gegangen. Denn für unsere Untersuchungen brauchten wir mehrere hundert Proben von Schweinen, bei denen das Virus und sein jeweiliger Subtyp sehr genau bekannt oder durch Polymerase-Kettenreaktion, kurz PCR, nachgewiesen war«, so Ulbert. PCR ist eine Technik, mit der sich kleinste Spuren von genetischem Material – und also auch Viren – vervielfachen und eindeutig identifizieren lassen. Wozu dann noch einen Antikörpertest zum Nachweis von PRRS entwickeln? »Der PCR-Nachweis setzt

voraus, dass in der Probe, die man nimmt, noch Erreger sind. Doch die PRRS-Viren sind nach einer Infektion nur sehr kurz im Serum, wo man sie relativ einfach nachweisen kann«, erklärt der IZI-Forscher. Und weiter: »Dagegen bleiben die Antikörper, die ein infiziertes Schwein als Reaktion auf die Viren bildet, im Serum enthalten.«

Die Immunzellen von Säugetieren sind darauf getrimmt, körperfremde Biomoleküle als »Antigene« zu erkennen und jeweils passende »Antikörper« zu produzieren, um sie zu bekämpfen. Auf diese Antikörper können sie oft lebenslang zurückgreifen. Das bedeutet aber auch: Im Serum eines Schweins tummeln sich Millionen verschiedener Antikörper gegen alle möglichen Antigene. Die Herausforderung für Sebastian Ulbert und sein Team bestand nun darin, jene Biomoleküle zu identifizieren, die bei allen PRRSV-Infektionen Ziel von Antikörpern sind und sich zugleich anhand ihrer Struktur einem der beiden Subtypen zuordnen lassen. In einem aufwändigen Procedere gelang es den Fraunhofer-Forschern, sämtliche Proteine



PRRS-infizierte, tote Lungenabwehrzelle (Makrophage). © Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH

beider Virustypen – insgesamt mehr als zwei Dutzend – zu isolieren und ihre genetische Struktur so abzuändern, dass sie sich nun von E.-coli-Bakterien im Labor in beliebiger Menge herstellen lassen. Insgesamt sechs Proteine – drei von jedem Subtyp – erwiesen sich als spezifisch genug, um damit den jeweiligen PRRS-Erreger eindeutig zu identifizieren. Damit war das Ziel erreicht: ein neuer Nachweis für die gefährliche Schweineinfektion.

Um die Qualität des neuen Testverfahrens prüfen zu lassen, nahmen die IZI-Forscher an

einem Ringversuch teil, bei dem verblindete Serumproben verschickt und anschließend die Testergebnisse bewertet wurden. »Wir haben die 20 Proben bestellt und sie mit unserem Assay getestet. Tatsächlich lagen wir bei allen Proben richtig und konnten auch die Subtypen unterscheiden«, erzählt Sebastian Ulbert. Mit dieser ausgezeichneten Referenz suchten die Wissenschaftler 2010 einen Industriepartner, um das neue Diagnoseverfahren zu optimieren und zur Marktreife zu bringen. Sie fanden ihn in der Analytik Jena AG, genauer: in deren Tochtergesellschaft AJ Roboscreen, die ebenso wie das IZI in Leipzig angesiedelt ist. Im Juni 2013 erhielten zwei neue PRRS-Nachweisverfahren – eines für jeden Subtyp – vom staatlichen Friedrich-Löffler-Institut die Zulassung als Veterinärdiagnostika. Das Patent für das eigentliche Testverfahren hält das IZI.

Weiterentwicklung des Tests

Doch damit ist das Thema PRRS noch lange nicht abgearbeitet. Der Test wird laufend weiterentwickelt. So soll beispielsweise anstelle von Serum auch Speichel auf PRRS getestet werden. Sebastian Ulbert erklärt, was damit gewonnen wäre: »Um Serum zu untersuchen, muss man einzelnen Schweinen Blut abnehmen. Das ist mit sehr viel Stress verbunden, weil die Tiere dabei Todesängste ausstehen – und auch für die Veterinäre ist das kein Spaß. Speichelproben bekommt man dagegen sehr einfach. Man muss nur einen Kautrunk in den Stall hängen, die Schweine daran lecken lassen und dann einen Abstrich davon nehmen.« Allerdings sind im Speichel andere Antikörper gegen die PRRS-Antigene zu finden als im Serum. Sie zu identifizieren, haben sich die IZI-Forscher als Nächstes vorgenommen.

Aber die Forscherinnen und Forscher arbeiten darüber hinaus auch an ihrem ursprünglichen Ziel weiter: der Entwicklung eines wirkungsvollen und zugleich sicheren Impfstoffs gegen PRRSV. Hierfür bündelt die Fraunhofer-Gesellschaft ihre Kräfte: Koordiniert von Sebastian Ulbert, haben sich Anfang März 2014 vier Institute zusammengetan, um in den kommenden drei Jahren neuartige Methoden zur Herstellung von Impfstoffen gegen Infektionskrankheiten von Mensch und Tier zu entwickeln. Ein wichtiges Thema in diesem Projekt ist auch PRRSV. ■



Voll beladen mit Wissenschaft zur digitalen Gesellschaft ging die MS Wissenschaft auf Fahrt. © T. Gabriel/3pc

MS Wissenschaft ahoi

Bis zum 28. September 2014 ist die MS Wissenschaft mit einer interaktiven Ausstellung zur digitalen Gesellschaft unterwegs: Mit an Bord sind auch spannende Fraunhofer-Projekte. So begrüßt Oskar, ein Serviceroboter vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, die Besucher und gibt Tipps zu den Exponaten.

Internet-Sicherheit

Wenn wir im Web surfen, beobachten uns Tracker. Sie verfolgen meist unbemerkt, was wir anklicken und welche Internetseiten wir laden. Die Informationen werden häufig für zielgerichtete Werbung genutzt. Doch ist es auch möglich, die Daten so auszuwerten, dass sich daraus die Kreditwürdigkeit von Verbrauchern oder auch Gesundheitsrisiken von Krankenversicherten abschätzen lassen. Das Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie SIT hat zusammen mit Microsoft einen Demonstrator entwickelt, in den Nutzer die Adressen ihrer Lieblingswebseiten eingeben und sehen können, ob und wie viele dieser Tracker dort aktiv sind.

Laborbuch und Arbeitstisch in einem

Wenn Forscher im Labor Tests durchführen oder Proben untersuchen, müssen sie jeden Schritt genau protokollieren. Denn alle Arbeitsabläufe sollen nachvollziehbar und wiederholbar sein, um wissenschaftlichen Ansprüchen zu genügen. Die meisten Forscher verwenden noch Laborbücher aus Papier oder PC-basierte Journale. Die Wissenschaftler der Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB des Fraunhofer IPA wollen das mit ihrem Multitouch-Laborbuch MERLiN (Multitouch-based Electronic reliable Lab-integrated Notebook) ändern. Denn das tischgroße Touch-Display dient einerseits der Anzeige und Eingabe von Daten und andererseits als robuste, gut zu reinigende und sterilisierbare Arbeitsfläche.

Fraunhofer auf Messen

September

5. – 10. September
IFA 2014, Berlin
Internationale Funkausstellung –
World of Consumer Electronics

12. – 16. September
IBC 2014, Amsterdam
International Broadcasting Convention

23. – 26. September
Innotrans 2014, Berlin
internationale Fachmesse
für Verkehrstechnik

Oktober

7. – 9. Oktober
Composites 2014, Düsseldorf
Europäische Fachmesse & Forum für
Verbundwerkstoffe, Technologie und
Anwendungen.

21. – 25. Oktober
EuroBLECH2014, Hannover
Internationale Technologiemesse für
Blecbearbeitung

Informationen zu allen Messen:
www.fraunhofer.de/messen
www.fraunhofer.de/veranstaltungen

Franziska Kowalewski
Susanne Pichotta
Welf Zöller

franziska.kowalewski@zv.fraunhofer.de
susanne.pichotta@zv.fraunhofer.de
welf.zoeller@zv.fraunhofer.de

Personalien

Der Miterfinder des mp3-Standards, Professor **Karlheinz Brandenburg**, wurde in die Internet Hall of Fame aufgenommen. Die Internet Society (ISOC) hat 2014 den Leiter des Ilmenauer Fraunhofer-Instituts für Digitale Medientechnologie IDMT als einen von weltweit 24 Internetpionieren ausgezeichnet.

Für seine großen Verdienste um die Entwicklung und Standardisierung von Videocodierverfahren hat Professor **Thomas Wiegand** die Richard-Theile-Medaille der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft erhalten. Wiegand leitet das Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut HHI, in Berlin.

Professor **Christoph Klein** wurde mit dem Deutschen Krebspreis geehrt. Damit zeichnete die Deutsche Krebsgesellschaft ihn für seine herausragenden experimentellen Forschungen zur Metastasierung von Krebszellen aus. Klein leitet am Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM in Regensburg die Projektgruppe »Personalisierte Tumorthherapie«.

Zwei Auszeichnungen hat Juniorprofessorin **Delphine Christin** erhalten: Für ihre kürzlich abgeschlossene Promo-

tion zum Thema »Privacy in Participatory Sensing: User-controlled Privacy-Preserving Solutions for Mobile Sensing Applications« bekam die Wissenschaftlerin den Preis der Fachgruppe »Kommunikation und Verteilte Systeme« der Gesellschaft für Informatik sowie der Informationstechnischen Gesellschaft im Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. in der Kategorie »Best Promotion«. Außerdem wurde Christins Arbeit mit einem Preis für hervorragende wissenschaftliche Leistungen der Vereinigung der Freunde der TU Darmstadt ausgezeichnet.

Ein Forscherteam des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg hat für die Innovation »Laser Fired Contact (LFC) Technologie in der Produktion von hocheffizienten Siliciumsolarzellen« den »Innovation Award Laser Technology 2014« erhalten. Geehrt wurden **Dr. Ralf Preu**, **Dr. Jan Nekarda** und **Martin Graf**.

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:

Beate Koch, Birgit Niesing (Chefredaktion)
Marion Horn, Franziska Kopold,
Mandy Kühn, Tobias Steinhäuser,
Monika Weiner, Britta Widmann,
Christa Schraivogel (Bild und Produktion)

Redaktionelle Mitarbeit:

Andreas Beuthner, Kai-Uwe Bohn,
Christine Broll, Klaus Jacob, Chris Löwer,
Bernd Müller, Monika Offenberger,
Brigitte Röthlein, Isolde Rötzer, Tim Schröder,
Ulrike Zechbauer

Graphische Konzeption: BUTTER. Düsseldorf

Layout: Vierthaler & Braun, München

Titelbild: Vierthaler & Braun

Lithos + Druck:

Gotteswinter und Aumaier GmbH, München

Anzeigen: Heise Zeitschriften Verlag

Technology Review, Karl-Wiechert-Allee 10
30625 Hannover, Telefon +49 511 5352-0
www.heise.de/mediadaten

Nächster Anzeigenschluss: 8. August 2014

Bezugspreis im Mitgliedspreis enthalten.

© Fraunhofer-Gesellschaft, München 2014

ClimatePartner[®]
klimaneutral
gedruckt



 **Fraunhofer**

Spin-offs

Daten-Verbindungs-techniken in 3D

Die Datenflut wächst: Damit Cloud und Co. sicher und energieeffizient funktionieren, setzen Experten künftig auf die optische Datenübertragung. Sie ist schnell, kaum störanfällig und benötigt nur einen Bruchteil der Energie, die elektrische Verbindungen beanspruchen. Marktbeobachter rechnen damit, dass der Bedarf an kosteneffizienter optischer Aufbau- und Verbindungstechnik für Hochleistungsrechner und für die Daten- und Telekommunikation rasant steigen wird: von 1,1 Milliarden Dollar im Jahr 2013 auf 2,2 Milliarden in 2018.

»Die bekannten Konzepte für die Anbindung optischer Chips sind zu aufwändig und zu teuer, um als Packagingverfahren in der Massenfertigung dienen zu können«, weiß Dr. Markus Riester, CEO der Multiphoton Optics GmbH. Das Spin-off aus dem Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC in Würzburg startete im September 2013. Das Unternehmen setzt auf 3D-optische Wellenleiter, die auf einer Entwicklung von Mitgründerin Dr. Ruth Houbertz vom ISC basieren. Sie bearbeitet dafür ORMOCER® Hybridpolymere mit der Zwei-Photonen-Absorption. Dreidimensionale Strukturen lassen sich so direkt in das Material schreiben. Der Vorteil: Die Zahl der benötigten Fertigungsschritte reduziert sich um etwa 70 Prozent. Das Verfahren kann man in bereits bestehende Herstellungsprozesse und Infrastruktur der Elektronikfertigung integrieren. Dies spart Kosten. Es werden weniger Energie und Material verbraucht. 2007 erhielt die Forscherin dafür den Joseph-von-Fraunhofer-Preis. Das neue Verbindungsverfahren wurde unter anderem 2013 mit dem SPIE Green Photonics Award, Category Optical Communication, und im März 2014 mit dem COWIN Entrepreneurship Award ausgezeichnet.

»Wir bieten zunächst Prototypen- und Kleinserienfertigung an. Unsere Kunden aus den Bereichen High-Performance Computing, Cloudcenter und Telekommunikation haben so die Möglichkeit, die Technologie kennen zu lernen und ihre Prozesse entsprechend zu optimieren«, sagt Markus Riester. »Wir entwickeln diese Technologie schon seit vielen Jahren und haben ein tiefes Verständnis für das Zusammenspiel von Material, Prozessen und Anlagenkonzeptionierung für die Fertigung erreicht«, ergänzt Ruth Houbertz, Chief Technology Officer.

Dr. Markus Riester, Dr. Ruth Houbertz
www.multiphoton.de



Kunstwerke sicher erhalten

Wenn Gemälde oder Plastiken auf Reisen gehen, kann das nicht nur logistisch für Museen und Privatsammler zum Problem werden: Ändert sich das Klima, wirkt sich das auch auf Material und Farben aus. Das Spin-off Artguardian aus den Fraunhofer-Instituten für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin und für Software- und Systemtechnik ISST in Dortmund unterstützt Museen und Sammler künftig bei ihrer Aufgabe, wertvolle Werke zu erhalten und sie der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

»Unser System besteht aus drei Teilen: einem umfassenden Regelwerk, das genaue Anweisungen enthält, welche Mikroklimata die verschiedenen Kunstwerke jeweils benötigen. So reagiert ein Ölgemälde empfindlich auf Luftfeuchte, eine Skulptur aus Kunststoff dagegen verträgt bestimmte Spektralkomponenten des Lichts nicht«, erklärt Geschäftsführer Dr. Stephan Guttowski. »Dazu kommt ein autonomes Sensorsystem, das am Rahmen des Gemäldes angebracht ist. Seine Messfühler erfassen in Echtzeit Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Lichteinfall und Erschütterungen. Das Modul sendet die Werte schließlich an eine webbasierte Informations- und Kommunikationsplattform, welche die Klimadaten mit dem Regelwerk abgleicht und Besitzer oder Restauratoren alarmiert, wenn zulässige Grenzwerte überschritten werden.« Die Technologie wurde unter der Leitung von Guttowski am IZM entwickelt. Im Februar 2014 gründete er das Unternehmen aus.

Die Idee zu Artguardian entstand, als vor einigen Jahren das Museum Albertina in Wien bei den IZM-Forschern nachfragte, wie man Kunstwerke besser automatisch überwachen könne. Gemeinsam mit ihren Fraunhofer-Kollegen vom ISST, die sich um die Software kümmerten, dem IBP, WKI und IAP sowie einem externen Forschungslabor und dem Kunstmuseum Basel entwickelten die IZM-Wissenschaftler einen kontinuierlichen Schutz für Kunstwerke. Die Ergebnisse kommen nun Museen und Sammlern zugute. In einer Kooperation mit dem Rahmenhersteller Halbe entsteht derzeit ein Glasrahmen mit integrierten Artguardian-Sensoren. Prototypen hatten bereits eine erste Bewährungsprobe überstanden, als das Museum Folkwang Ende des vergangenen Jahres Fotografien in Lagos, Nigeria ausstellte.

»Ein weiteres Ziel ist es, dass Kunden über die Plattform Dienstleistungen rund um ihre Kunstwerke ordern können«, sagt Stephan Guttowski. Unter anderem sollen auch zertifizierte Transportdienstleistungen, Ausstellungsräume oder Art-Warehouses integriert werden.

Dr. Stephan Guttowski
www.artguardian.com



Reisen Sie 3 Monate nach Morgen.

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



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

DIE CHANCEN FRÜHER ENTDECKEN.



IHRE VORTEILE ALS ABONNENT:

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

GRATIS

LAMY Schreibset

- hochwertiger Kugelschreiber aus strichmattiertem Edelstahl
- Haftnotizblock im Lederetui
- in attraktiver Geschenkverpackung

JETZT BESTELLEN UND VON ALLEN VORTEILEN PROFITIEREN.



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

Senden Sie mir bitte im Vorteils-Paket 3 aktuelle Hefte mit 34 % Ersparnis für nur EUR 18,60 und mein Geschenk. Wenn Technology Review mich überzeugt, kann ich anschließend jedes Heft für EUR 9,05 statt EUR 9,40 lesen. Andernfalls sende ich Ihnen nach Erhalt des zweiten Heftes eine kurze Nachricht.

Vorname, Name

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Telefon und E-Mail (für eventuelle Rückfragen)

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

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

Datum, Unterschrift

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

TRP14101

WWW.TRVORTEIL.DE

Wer begleitet mich auf meinem Karriereweg?

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, Promotions-
beratung, Alternative Karrierewege für
Forscher u.v.m.

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



academics.de/fraunhofer
Das Karriereportal für Wissenschaft & Forschung