

weiter.vorn

Das Fraunhofer-Magazin

2/10

Mit neuer Energie



Umwelt

Blick in die Zukunft

Life Sciences

Das vollautomatische Labor

Medizin

Prothesen mit Sinnen



www.roche-applied-science.com



xCELLigence Real-Time Cell Analyzer System

Discover what you've been missing

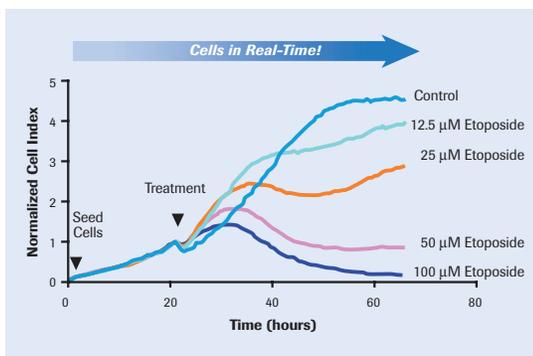


Figure 1: Real-time monitoring of cytotoxicity through DNA damage. Etoposide is a DNA damaging agent which induces apoptosis in high concentrations, while at lower concentrations it leads to S-Phase and/or G2 arrest.

Experience the power of dynamic, Real-Time, non-invasive cellular analysis with the **xCELLigence System** from Roche Applied Science. Acquire data that end-point analysis could never realize, throughout your entire experiment. Choose between 3×16, 96- or 6×96 well microtiter plate formats.

- **Just add cells:** Obtain physiologically relevant data without labels and reporters.
- **Don't miss any effect:** Capture online data throughout the entire experiment.
- **Maximize versatility:** Detect cells across a broad dynamic range and perform a wide variety of applications. (e.g., proliferation and cytotoxicity, Figure 1)
- **Analyze Cell Migration and Invasion** with a special chamber for the 3×16 well format

NEW

For more information, visit www.xcelligence.roche.com or contact your local Roche representative today!



XCELLIGENCE is a trademark of Roche.
© 2010 Roche Diagnostics GmbH. All rights reserved.

Roche Diagnostics GmbH
Roche Applied Science
68298 Mannheim, Germany



Grüner aus der Krise



Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger. © Bernhard Huber

Immer mehr Menschen, Organisationen, Unternehmen und Politiker wollen sich ökologisch korrekt verhalten. GRÜN ist nicht nur der Inbegriff einer nachhaltigen Gestaltung der Zukunft; GRÜN hat sich auch zu einem Megamarkt entwickelt. Wirtschaftsanalysten sagen erneuerbaren Energien und Umwelttechnologien große Wachstumsraten voraus. Klimawandel, Umweltbelastung, steigende Energiepreise und Rohstoffverknappung treiben das Umdenken voran. Zusätzlich beschleunigt wird der Veränderungsprozess durch die Wirtschaftskrise, sie zwingt die Unternehmen ihre Produkte noch rascher an die gewandelten Bedürfnisse der Menschen anzupassen. Deshalb wird die Wirtschaft grüner aus der Krise herauskommen.

Eine nachhaltige, sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung zu entwickeln, ist die zentrale Herausforderung der kommenden Jahrzehnte. Auch deshalb hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung das Wissenschaftsjahr 2010 unter das Motto »Die Zukunft der Energie« gestellt. Regenerative Energien, neue Energiespeicher und die Steigerung der Energieeffizienz sind wichtige Forschungsfelder in der Fraunhofer-Gesellschaft. Schon jetzt hat Fraunhofer europaweit die größten Kapazitäten bei der Erforschung von Erneuerbaren Energien. Fraunhofer ist als strategischer Partner am Massachusetts Institute of Technology MIT ebenso aktiv wie in dem ambitionierten Ökostadtprojekt Masdar City in Abu Dhabi.

Wir sind sicher: Im kommenden Jahrzehnt wird ein Umbruch bei Energieverbrauch, -umwandlung, -speicherung und -verteilung stattfinden. Untersuchungen und erste Ergebnisse zeigen, dass beim Energieverbrauch aber auch beim Einsatz von Rohstoffen große Einsparpotenziale erschlossen werden können. Massive Einsparmöglichkeiten gibt es vor allem bei Gebäuden. Etwa ein Drittel des Energiebedarfs in Deutschland wird für das Heizen und Kühlen von Wohnhäusern und Bürogebäuden benötigt. Mit intelligenter Gebäudetechnik lässt sich der Energieverbrauch um bis zu 40 Prozent senken.

Auch in der Industrie sind mittelfristig Energieeinsparungen von bis zu 30 Prozent möglich. Die Bundesregierung will das Markenzeichen »Efficiency – Made in Germany« weltweit

bekannt machen. Zurzeit entwickelt sich ein weltweiter Markt für Systeme, Produkte und Dienstleistungen, die die Energieeffizienz verbessern. Der sparsame Umgang mit Energie ist ein erster Schritt in Richtung einer nachhaltigen Energieversorgung. Langfristig müssen aber erneuerbare Energiequellen wie Sonne, Wind und Biomasse direkt genutzt werden. Unsere Titelgeschichte zeigt die Wege dazu auf. Die Fraunhofer-Institute arbeiten nicht nur in zahlreichen Forschungsprojekten zum Thema Nachhaltigkeit mit, sondern demonstrieren dies auch selbst in Pilotprojekten.



Mit neuer Energie

Die Automobilindustrie ist von zentraler Bedeutung für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Um auch künftig wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen »intelligente«, kraftstoffsparende und umweltfreundliche Fahrzeuge – wie zum Beispiel Elektroautos – entwickelt werden. In Zukunft soll das Auto nicht nur im Betrieb wenig Kraftstoff verbrauchen – sondern bereits bei der Produktion wenig Energie und Rohstoffe benötigen.

Klimaschutz, Erhaltung der Umwelt sowie ein sparsamer Umgang mit Rohstoffen und Energie stehen auf der Agenda ganz oben – bei Fraunhofer und einer wachsenden Anzahl von Unternehmen. Wir betrachten diese Themen ganzheitlich und erweitern sie um den Faktor Wohlbefinden der Menschen. Das wäre dann Nachhaltigkeit im weitesten Sinne: Die technische Gestaltung der Welt so zu planen, dass die Gesundheit von Mensch und Natur auch in Zukunft erhalten bleiben: Mit neuer Energie – für eine lebenswerte Zukunft!



8

Titelthema

Mit neuer Energie

Schon heute stammen mehr als 16 Prozent des Stroms aus regenerativen Energien. Tendenz steigend.



16

Kraftwerke auf hoher See

Offshore-Windparks sollen schon bald etwa 15 Prozent des deutschen Strombedarfs decken.



34

Gesünder mit Lupine

Lupinensamen enthalten wertvolle Inhaltsstoffe.



42

Internet für fünf Milliarden Menschen

Fraunhofer-Forscher binden abgelegene Dörfer in Sambia ans Internet an.



48

Licht aus der Faser

Faserlaser haben eine besonders hohe Strahlqualität.



56

Effizient Chips produzieren

Forschung für eine wettbewerbsfähige Halbleiterfertigung in Europa.

Inhalt

06 Spektrum

24 Gründerwelt

45 Fraunhofer inside

58 Firmenportrait

60 International

64 Kompakt

65 Panorama

66 Personalien

66 Impressum

Titelthema

08 Mit neuer Energie

Schon heute stammen 16 Prozent des Stroms aus regenerativen Energien. Tendenz steigend.

Energie

14 Strom und Wärme aus Restholz

Biomassekraftwerk fürs Sägewerk.

16 Kraftwerke auf hoher See

Vor wenigen Monaten ging der erste deutsche Windpark in der Nordsee ans Netz.

18 Power für regenerative Energien

Die Umstellung auf eine dezentrale Stromversorgung ist machbar.

20 Stromzähler 2.0

Elektronische Stromzähler informieren die Kunden aktuell über den Energieverbrauch.

22 Kohlenstoffrasen machen Batterien fit

Neue Konzepte und Materialien Lithium-Ionen-Zellen.

25 Energie intelligent managen

Mit »Smart Metern« lässt künftig der Stromverbrauch steuern.

26 Vom Altbau zum Nullenergiehaus

Weniger Energieverbrauch dank Sanierung.

27 Strapazieren mit System

Elektrowagen im Härte-test.

Umwelt

28 Blick in die Zukunft

Wirkt sich der Klimaschutz auf den Arbeitsmarkt aus? Antworten gibt eine Studie.

30 Feinstaub und Co.

Satellitenbasiertes Immissionsmonitoring.

Life Sciences

32 Der Evolution auf die Sprünge helfen

Pflanzen mit speziellen Eigenschaften züchten.

34 Gesünder mit Lupine

Lupinensamen enthalten wichtige Proteine.

36 Das vollautomatische Labor

Im Bioproduktions-Labor erproben Forscher neue automatisierte Arbeitsmethoden.

Informationstechnologie

38 Ich glotz 3-D-TV

Fernsehen in der dritten Dimension.

40 Kulturelles Erbe online

Künftig kann man vom heimischen Computer auf Inhalte in deutschen Museen zugreifen.

42 Internet für fünf Milliarden Menschen

Forscher schaffen auch Menschen in Entwicklungsländern Zugang zum Internet.

Photonik

46 Blick in die Tiefe

Terahertz-Strahlen spüren Materialfehler, Drogen und Sprengstoff auf.

48 Licht aus der Faser

In der Lasertechnik setzen sich Faserlaser immer mehr durch.

Medizin

50 Armprothesen mit Gedankensteuerung

Forscher entwickeln eine künstliche Hand, die greifen und fühlen kann.

Werkstoffe

52 Erste Hilfe aus dem Nano-Container

Mit Schmierstoffen gefüllte Nano-Kapseln schützen metallische Bauteile.

Mikroelektronik

54 Wie Wassertropfen laufen lernen

Winzige elektronische Bauteile lassen sich mit Wassertropfen exakt positionieren.

56 Effizient Chips produzieren

Das Projekt IMPROVE soll die Effizienz der europäischen Halbleiterindustrie steigern.

Logistik

62 Gemeinsam ans Werk

Fraunhofer gehört zu den Gewinnern im Spitzencluster-Wettbewerb.

63 Auf Zukunftskurs

Neue Fraunhofer-Einrichtung für Maritime Logistik in Hamburg gegründet.

Stromausfälle vermeiden

Hochleistungsmotoren und andere elektrische Anlagen arbeiten häufig mit Frequenzumrichtern, die das jeweils nötige Anlauf- und Drehzahlverhalten verbessern oder anpassen. Ein Frequenzumrichter ist ein Gerät, das aus Wechselstrom eine in Amplitude und Frequenz veränderte Spannung generiert. Mit dieser umgerichteten Spannung wird dann der Motor betrieben. Häufig kommt es hierbei zu ungewollten Ableitströmen, die durch EMV-Filter verstärkt werden können. Schutzschalter interpretieren diese Ströme als Gefahr, stoppen den Stromkreislauf

und somit den Motor, um gefährliche Unfälle oder Brände zu vermeiden. Ein neuartiger, patentierter EMV-Filter schafft Abhilfe. Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin und der TU Berlin haben den Filter durch eine Bandsperrschaltung erweitert, mit der die abgeleiteten Ströme durch Gegenresonanzen doppelt bis dreimal so stark gedämpft werden. Hierdurch können längere Gerätekabel zum Einsatz kommen, was eine größere Freiheit bei der Anlageninstallation ermöglicht.

Rasant messen

Passt der Schwertransporter unter der Brücke durch? Um das zu klären, erkundet ein Messauto vorab die Strecke, die der Schwertransport nehmen soll. Ein Laserscanner auf dem Fahrzeug erfasst Brücken, Häuser, Schilder und Bäume. Dazu sendet er kurze Laserpulse aus, die an Hindernissen reflektiert werden. Über die Zeit, die das Licht braucht, um wieder beim Sensor anzukommen, kann man auf den Abstand zum Hindernis schließen.

Forscher am Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg haben die Messrate der Entfernungsmessung nun erheblich erhöht. Sie können entweder zehnmals schneller messen oder bei gleicher Geschwindigkeit des Scanners – etwa auf einem Flugzeug – zehnmals mehr Punkte analysieren. Dazu haben sie neue elektronische Schaltungen und eine spezielle Software zur Datenverarbeitung entwickelt und die Takung des Laserstrahls optimiert. Ein Laborgerät des neuen PulsLaserradars gibt es bereits.

Der Laserscanner (rechts) bestimmt in einem Messkanal alle 0,5 Mikrosekunden den Abstand eines bis zu 80 Metern entfernten Objekts. © Fraunhofer IPM



Künstliche Photosynthese

Speicherbare Energie aus Sonnenlicht gewinnen und Kohlendioxid abbauen: Die Pflanzen zeigen, dass es funktioniert. Die Photosynthese – der Prozess, der Sonnenlicht in chemische Energie umwandelt – dient Wissenschaftlern am Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF in Freiburg als Vorbild. Bei der Photosynthese werden Kohlendioxid und Wasser durch Sonnenlicht in energiereiche Glukosemoleküle und Sauerstoff umgewandelt. Dahinter stecken komplexe biochemische Vorgänge, die bisher nur schwer technisch nachgebildet werden können.

Die Forscher am IAF arbeiten dazu an nanostrukturierten elektrochemischen Elektroden aus künstlichem Diamant. Durch eine Kombination dieser speziellen Oberflächen mit solaraktiven Proteinen soll aus Licht, Wasser und CO₂ Wasserstoff erzeugt werden. Ziel ist es, eine »künstliche Photosynthese-Zelle« zu realisieren, die photokatalytische Effekte von Enzymen und Proteinen an der Grenzfläche zu Diamant ausnutzt. Die Forscher müssen jedoch noch viele wissenschaftliche Probleme lösen, um mit diesem Verfahren effiziente Wirkungsgrade zu erreichen.

Energieträger aus Sonnenlicht, Wasser und Kohlendioxid – mit dem Blattgrün verwandeln Pflanzen seit langem Wasser und Kohlendioxid in Energieträger. © MEV



Hochwertige Cremes

Falten, trockene Haut, Pigmentflecken – moderne Cremes sollen helfen, dem Alterungsprozess der Haut entgegenzuwirken. Ein Schwerpunkt bei der Entwicklung von »Anti-Aging-Produkten« ist der Schutz der Haut vor freien Radikalen. Diese hochreaktiven Moleküle, die verstärkt beim Sonnenbad, Stress oder Nikotingenuss gebildet werden, können zelluläre Schäden verursachen, die zu Alterungserscheinungen der Haut führen. Eine wirksame Waffe gegen freie Radikale sind Antioxidantien, da sie die schädlichen Moleküle abfangen und somit die Haut

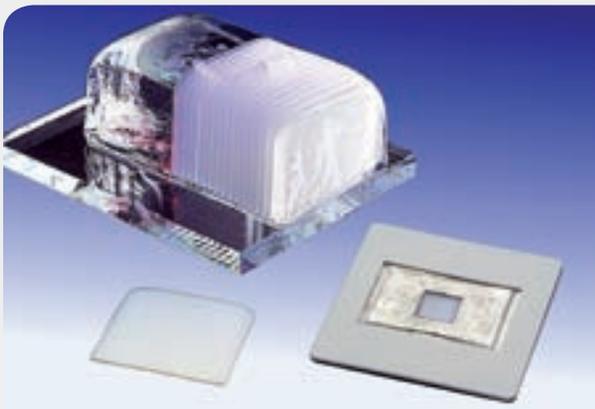
vor radikal-bedingten Alterungsprozessen schützen können. Die Forscher des Fraunhofer-Instituts für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV in Freising entwickeln Verfahren zur Isolation hochwertiger Wirkstoffe aus Pflanzenextrakten, sowie zu deren Anwendung in kosmetischen Präparaten. Ausgangsbasis sind Rückstände der Lebensmittelverarbeitung wie Weintrester, denn diese Rohstoffe fallen in großen Mengen an und enthalten beträchtliche Anteile antioxidativ wirksamer Substanzen.

Gemälde sicher transportieren

Einzigartige Kunstwerke sind häufig als Leihgaben auf Reisen. Damit sie keinen Schaden nehmen, werden die Gemälde in spezielle Bilderrahmen eingebaut, in denen sie auch während der Ausstellung verbleiben können. Diese Transportvitrinen schützen vor mechanischer Beschädigung und halten einen Großteil der Schadstoffe aus der Umwelt fern. Allerdings können sich in diesem Mikroklima aus den Gemälden oder der Verpackung ausgasende chemische Substanzen, zum Beispiel Essigsäure, konzentrieren. Diese Stoffe reagieren im ungünstigen Fall mit den Farben oder dem Malträger und schädigen das Kunstwerk. Künftig sollen Umweltsensoren in Transportrahmen, Vitrinen oder Depots messen, welche Gase sich anreichern.

Entwickelt wurden die Dosimeter von Forschern am Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC in Würzburg mit europäischen Projektpartnern. Die Experten arbeiten daran, die Transport- und Lagerbedingungen für wertvolle Gemälde zu verbessern. Dabei spielen auch Gewährleistungsfragen eine Rolle. Weist ein Bild Beschädigungen auf, sind die Dosimeter ein wichtiges Werkzeug, um die Schadensursache festzustellen.

Sensoren überwachen das Klima in Transport- und Lagervitrinen für Gemälde. © Fraunhofer ISC



Besser hören

Hörimplantate können vielen tauben Patienten dabei helfen, einen Teil ihres Hörvermögens zurückzugewinnen. Je sauberer dabei die Bauteile sind, desto besser wird das Signal übertragen. Besonders empfindlich sind die Elektroden, die in die Hörmuschel (Cochlea) des Patienten eingeführt werden. Doch häufig umgibt sie ein Mantel aus Bindegewebszellen, der die winzigen Bauteile sogar zerstören kann.

Eine mögliche Lösung dieses Problems könnten elektrische Felder sein, die unerwünschte Zellablagerungen verhindern. Die Elektroden des Implantats würden sich mit Strom aus der Batterie des Hörgeräts selbst reinigen. Bislang besaßen die Implantate glatte Oberflächen, doch für die Umsetzung dieser Idee eignen sich strukturierte Oberflächen erheblich besser. Ein Forscherteam, an dem auch das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen beteiligt ist, entwickelt nun Elektroden mit winzigen Strukturen, die impulsartig elektrische Felder aufbauen und so die Elektroden vor Ablagerungen schützen.

Die Wissenschaftler entwickeln Elektroden für Hörimplantate, die mit gezielten Stromstößen von unerwünscht anhaftenden Zellen gereinigt werden und so Signale besser übertragen können. © siemens





Mit neuer Energie

Text: Birgit Niesing

Sonne, Wind, Wasser, Biomasse – immer mehr Energie wird aus erneuerbaren Quellen gewonnen. Schon heute stammen in Deutschland mehr als 16 Prozent des Stroms aus regenerativen Energien. Tendenz steigend. Denn die Energieträger Öl, Gas und Kohle werden knapper. Durch mehr Energie-Effizienz und einen nachhaltigen Energie-Mix lassen sich die Abhängigkeit von Importen und der Ausstoß des Treibhausgases CO₂ deutlich senken.

Riesige Windparks, glänzende Solaranlagen auf Häusern, Fabriken oder Bauernhöfen – es ist unübersehbar, Deutschland setzt mehr und mehr auf Energie aus Wind, Sonne und Co. Mittlerweile speisen etwa 470 000 Anlagen Strom aus regenerativen Quellen ins Netz ein. Das haben Erhebungen des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) ergeben. Im vergangenen Jahr deckten erneuerbare Energien bereits 16 Prozent des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland. Auch zum Heizen setzen die Deutschen immer häufiger auf regenerative Energien – hier stieg der Anteil im Jahr 2009 auf 9,6 Prozent gegenüber 7,9 Prozent in 2008. Bezogen auf den gesamten Energiebedarf liegt der Anteil regenerativer Energien bei derzeit 10,6 Prozent.

Vor allem zwei Gründe treiben die Nachfrage nach erneuerbaren Energien an. Da sich die Erdöl- und Erdgasvorräte langsam dem Ende nähern, steigen die Preise für Öl, Gas und Kohle. Zudem zeigen Untersuchungen der UNO, dass der Ausstoß des Treibhausgases CO₂ drastisch gesenkt werden muss, um eine Erwärmung der Erde um mehr als zwei Grad Celsius zu vermeiden. Laut »BP Statistical Review

of World Energy 2009« reichen die Ölreserven – unter Berücksichtigung der Fördermengen von 2008 – noch etwa 42, die Gasvorkommen 60 und Kohle 122 Jahre. Auch der Rohstoff Uran ist endlich – noch etwa 70 Jahre könnten die Vorkommen abgebaut werden. Doch der Energiebedarf der Schwellen- und Entwicklungsländer steigt stetig an. 2008 haben diese Staaten erstmals mehr Primärenergie verbraucht als OECD-Nationen. Das treibt die Preise in die Höhe. Im Jahr 2008 kostete das Barrel Rohöl 146 Dollar – ein Rekordhoch. Danach sanken die Preise deutlich – auch wegen der Wirtschaftskrise. Für dieses Jahr prognostizieren Experten durchschnittliche Preise von 90 Dollar je Barrel (englisch für Fass, entspricht 159 Litern). Zum Vergleich: 2003 wurde ein Barrel Öl im Schnitt für 28 Dollar gehandelt. Ein weiteres Problem: Deutschland muss die fossilen Energieträger wie Erdöl, Erdgas und Steinkohle, ebenso Uran für die Kernkraft in großem Umfang importieren.

Mit dem steigenden Energieverbrauch nehmen auch die Umweltbelastungen zu. Beim Verbrennen kohlenstoffhaltiger Energieträger entsteht CO₂. Dieses Treibhausgas gilt als

einer der Verursacher des Klimawandels. Seit der Veröffentlichung des UN-Klimaberichts im Jahr 2007 ist klar, dass der Ausstoß von Kohlendioxid bis Mitte des Jahrhunderts um 50 bis 85 Prozent gesenkt werden muss – verglichen mit dem Jahr 2000. Nur dann lässt sich die Erderwärmung im beherrschbaren Bereich von etwa zwei Grad Celsius halten.

»Der Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung ist eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts«, ist Prof. Dr. Eicke Weber überzeugt. »Um auch in Zukunft Strom, Wärme und Mobilität zu bezahlbaren Preisen zu erhalten, müssen wir Energie effizienter nutzen und erneuerbare Energien noch stärker erschließen. Nur so lässt sich die Abhängigkeit von Energie-Importen verringern und der Kohlendioxid-Ausstoß reduzieren, der unser Klima bedroht«, betont der Leiter der Fraunhofer-Allianz Energie (siehe Kasten). Die Europäische Union hat deshalb ein Klima-Paket beschlossen. Bis zum Jahr 2020 soll der Ausstoß von Treibhausgasen in der EU um mindestens 20 Prozent sinken. Außerdem sollen der Anteil erneuerbarer Energien und die Energieeffizienz um 20 Prozent steigen.

Lange Zeit galt Ökostrom als zu teuer. Doch mit den steigenden Preisen für Erdöl, Erdgas und Co. wird Strom aus erneuerbaren Energieträgern langsam attraktiv. Windenergie gehört derzeit zu den billigsten Quellen regenerativ erzeugten Stroms. In Deutschland liegt die Windkraft an erster Stelle bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Im vergangenen Jahr kam sie auf einen Anteil von 6,4 Prozent. Ende 2009 waren in Deutschland mehr als 21 100 Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 25 777 Megawatt (MW) installiert, so das Deutsche Windenergie-Institut. Weltweit erzeugen Windparks mit mehr als 120 Gigawatt (GW) Leistung Strom.

Trotz Wirtschaftskrise ist der Markt für Windkraftanlagen im vergangenen Jahr weiter gewachsen. Der größte Abnehmer weltweit ist China mit etwa 10 000 bis 12 000 MW an neu installierter Leistung. Dort wurden die Kapazitäten nochmals fast verdoppelt. Auch die USA setzen verstärkt auf Windkraft. Die Regierung fördert den Bau von Windkraftsystemen über Konjunkturprogramme.

In Deutschland ist die Windenergie-Gewinnung an Land weitgehend ausgereizt. Nun sollen riesige Windparks im Meer entstehen. Vor wenigen Monaten ging die erste deutsche Offshore-Anlage ans Netz (siehe Seite 16). Im Offshore-Bereich ist der Innovationsdruck besonders hoch: Die Anlagen müssen so geplant und gebaut werden, dass sie Jahre bis Jahrzehnte Wind, Wetter und Wellen trotzen. Welche Materialien können hier eingesetzt werden? Wie lassen sich die Windparks auf hoher See warten? Antworten auf diese und andere Fragen wollen Forscher des Fraunhofer-Netzwerks Wind geben. Sie arbeiten an Technologien für den Offshore-Markt von morgen.

Weitere wichtige Komponenten in einem künftigen Energiemix sind Biomasse und Wasserkraft. Sie tragen derzeit mit 4,4 Prozent (Biomasse) und 3,3 Prozent (Wasserkraft) zur Stromerzeugung in Deutschland bei. Fraunhofer-Forscher untersuchen, wie sich aus der Vergärung von Biomüll, landwirtschaftlichen Abfällen, Klärschlamm sowie aus Inhaltsstoffen von Abwässern Biogas gewinnen lässt. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt

ist die Herstellung von Brenngasen aus Biomasse für den Einsatz in Brennstoffzellen-Systemen.

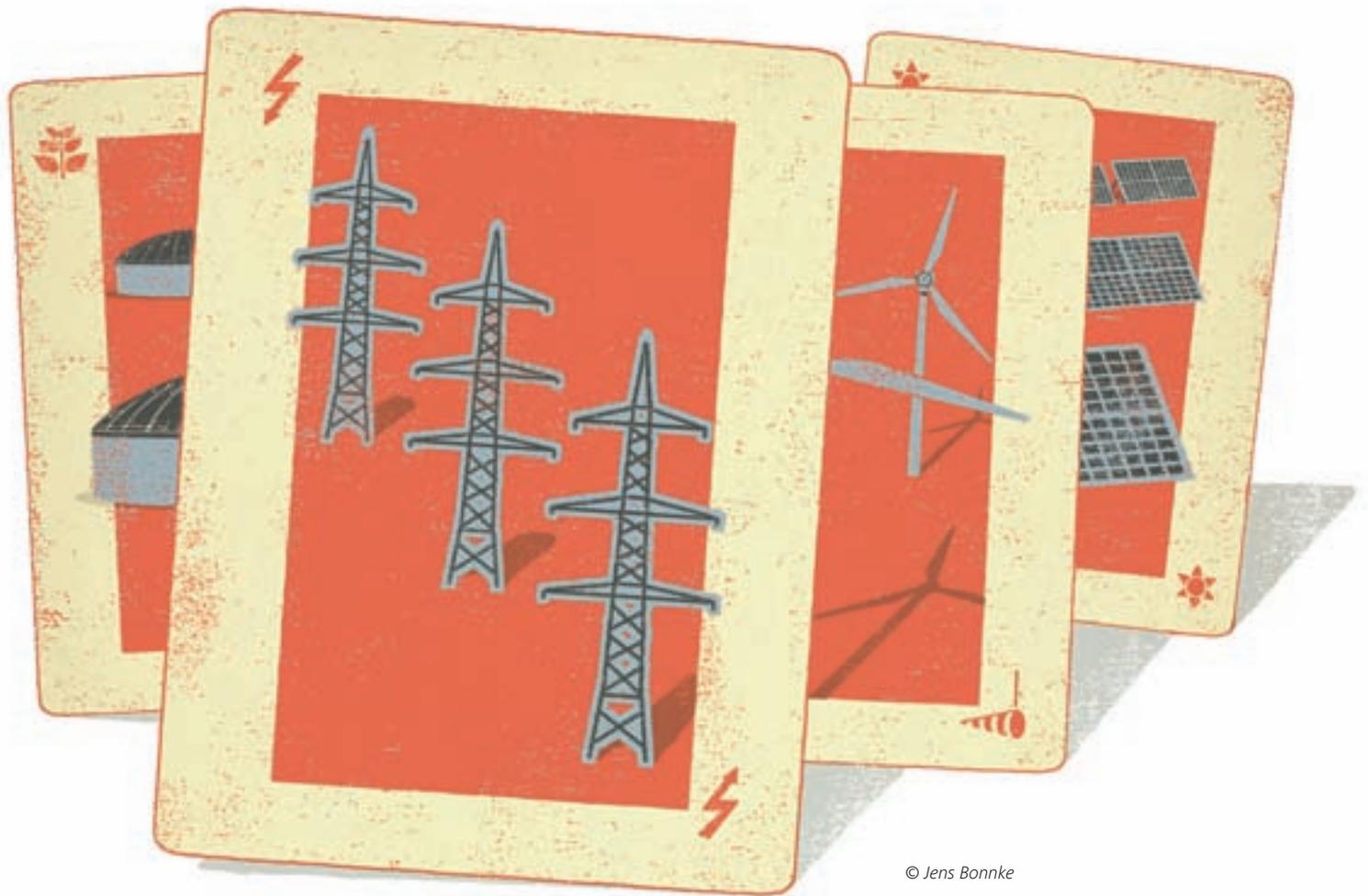
Langsam wächst auch die Bedeutung der Solarenergie. Im vergangenen Jahr produzierte die Photovoltaik 1,0 Prozent des Stroms in Deutschland. Damit stammt zum ersten Mal mehr Strom aus der Sonne als aus Müllverbrennungsanlagen. »Die Solarenergie kann langfristig helfen, die Energieversorgung zu sichern«, sagt Professor Weber, der auch das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg leitet. »Die Sonne ist ein gigantisches und unerschöpfliches Kraftwerk, das kontinuierlich 120 000 TW produziert. Zum Vergleich: Der Energiebedarf der Menschheit entspricht heute einer durchschnittlichen Leistung von 15 TW. Im Jahr 2020 werden es – so Schätzungen – etwa 20 TW sein. Daher könnte eine einigermaßen effiziente Nutzung von nur etwas mehr als ein zehntausendstel der Solarenergie ausreichen, um den gesamten Energiebedarf der Menschheit zu decken«, führt Weber aus.

Strom und Wärme aus der Sonne

In Deutschland boomt die Solarenergie seit Jahren. Dank des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) lohnt sich die Einspeisung des Stroms aus der Sonne. Damit hat Deutschland die Technologie entscheidend vorangetrieben. Auch die weltweite Photovoltaik-Nachfrage steigt rasant an: Zwischen 2000 und 2008 wuchs der Markt durchschnittlich um 51 Prozent pro Jahr. Besonders stark zugelegt hat der PV-Markt in den USA: Dort stieg die installierte Photovoltaik-Leistung zwischen 2000 und 2008 von vier MW auf 290 MW. Das entspricht einer jährlichen Steigerung von im Schnitt 71 Prozent, so das Ergebnis der Greentech Media Research in der Untersuchung »The United States PV market through 2013«. In den kommenden Jahren wird die PV-Nachfrage in den USA im Vergleich zu den anderen Märkten am schnellsten wachsen. Die Experten von Greentech Media Research erwarten, dass sich die Investitionen im US-Photovoltaikmarkt bis 2012 auf mehr als sechs Milliarden Dollar verdreifachen werden.

»Lange Zeit war photovoltaisch erzeugter Strom besonders teuer. Dies hat sich in den vergangenen Jahren durch die rasanten Wachstumsraten geändert«, betont Weber. »Die Kosten sind unter einen Systempreis von drei Euro pro Watt gefallen. Die Photovoltaik kann damit schon heute stellenweise mit vielen anderen Arten der Energietechnologien konkurrieren.« Doch damit Solarstrom noch stärker genutzt wird, müssen die Preise weiter deutlich sinken. Der Spitzencluster »Solarvalley Mitteldeutschland« hat sich das ehrgeizige Ziel gesetzt, spätestens 2015 Strom aus der Sonne günstiger herzustellen als Strom aus konventionellen Kraftwerken. Das wollen die Partner aus Industrie und Wissenschaft durch die Optimierung von Prozessen und Produkten erreichen. Dazu müssen nicht nur die Kosten entlang der gesamten Wertschöpfungskette gesenkt, sondern auch der Wirkungsgrad und die Lebensdauer der Produkte gesteigert werden. Das Fraunhofer-Center für Silizium Photovoltaik CSP in Halle koordiniert das Vorhaben wissenschaftlich.

Die PV-Technologie basiert heute vor allem auf der Nutzung von Solarzellen aus kristallinem Silizium. Der Marktanteil beträgt etwa 80 Prozent. Fraunhofer-Forscher arbeiten daran, diese Zellen noch effizienter zu ma-



© Jens Bonnke

Fraunhofer-Allianz Energie

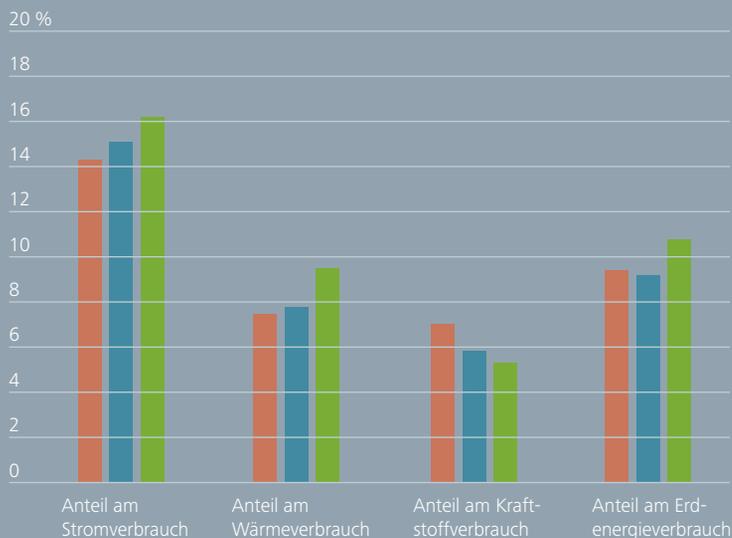
Die Kompetenzen im Bereich Erneuerbare Energien, Energietechnik und -wirtschaft bündelt die Fraunhofer-Gesellschaft in der Allianz Energie. Gemeinsam mit der Industrie will die Allianz die technologische Führerschaft Deutschlands bei der effizienten Nutzung von Energie und bei der Erschließung regenerativer Energieträger weiter ausbauen. Die Schwerpunkte liegen in den Bereichen Erneuerbare Energien (Solarenergie, Biomasse, Windkraft); Effizienztechnologien (wie KWK-Technologien, Gasbereitstellung, Speicher- und Energiewandlungstechnologien, Brennstoffzellen); Gebäude und Komponenten (Niedrigenergiehäuser, Gebäudeenergietechnik etc.); intelligente Energienetze (wie die systemtechnische Netzintegration von verteilten Stromerzeugern); Speicher- und Mikroenergietechnik (Lithium-Technologie für Batterien, Brennstoffzellensysteme). Aktuelle Forschungsergebnisse stellt die Allianz auf der Hannover Messe in Halle 13, E44 vor.

Die Mitglieder sind die Fraunhofer-Institute für:

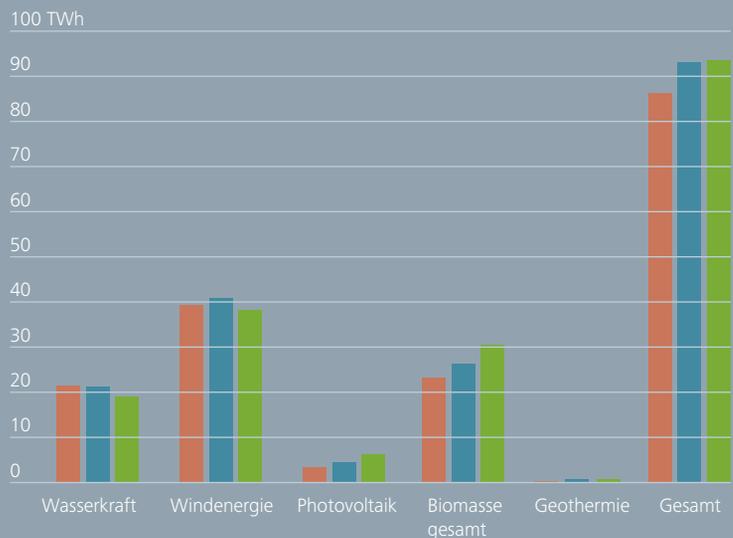
- Bauphysik IBP
- Chemische Technologie ICT
- Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
- Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
- Integrierte Schaltung IIS
- Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB
- Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung, Anwendungszentrum Systemtechnik Ilmenau IOSB/AST
- Keramische Technologien und Systeme IKTS
- Siliciumforschung ISC
- Solare Energiesysteme ISE
- System- und Innovationsforschung ISI
- Siliziumtechnologie ISIT
- Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
- Windenergie und Energiesystemtechnik IWES
- Fraunhofer-Center for Sustainable Energy Systems CSE

Marktanteile in Prozent

Energiebereitstellung aus Erneuerbarer Energie 2009: 252 TWh

**Stromerzeugung in TWh**

Anteil am Stromverbrauch 2009: 16,1%



chen. So haben Wissenschaftler des ISE neue Verfahren und Zellkonzepte zur Herstellung von Silizium-Solarzellen mit n-Typ-Basis entwickelt. Damit werden höhere Wirkungsgrade und Solarstromerträge auch für kommerzielle Solarzellen möglich. Der Prototyp erreichte mehr als 23 Prozent Wirkungsgrad. »Unser Ziel ist es, die Effizienz zu erhöhen, ohne dass die Produktionskosten steigen«, betont Weber.

Noch deutlich höhere Wirkungsgrade erreichen ISE-Forscher mit Mehrfach-Solarzellen aus den III-V-Halbleitern GaInP/GaInAs/Ge (Gallium-Indium-Phosphid/Gallium-Indium-Arsenid/Germanium). Hierbei wird das Sonnenlicht 454-fach auf eine 5 mm² kleine Mehrfachsolarzelle konzentriert. Der Wirkungsgrad steigt so im Labor auf 41,1 Prozent. Die noch recht junge Technologie hat bereits den Sprung in den Markt geschafft. Eine Ausgründung aus dem ISE, die Firma Concentrix Solar, bietet Photovoltaik-Konzentrator-Systeme an. Concentrix Solar ist mittlerweile ein Unternehmen der Soitec-Gruppe. Die hocheffizienten Mehrfachsolarzellen eignen sich jedoch nur für Solarkraftwerke in Ländern mit viel direktem Sonnenlicht – zum Beispiel Spanien.

Ein vorübergehendes Problem der Photovoltaik-Industrie war die Tatsache, dass angesichts des boomenden Marktes hochreines Silizium nicht in ausreichendem Maß vorhanden war. Diese inzwischen behobene Situation beschleunigte die Entwicklung von Dünnschichttechnologien. Dazu zählen Dünnschicht-Solarzellen aus amorphem Silizium, Kupfer-Indium-Gallium-Selenid (CIGS) oder gar Kadmium-Tellurid (CdTe). Diese Solarzellen benötigen wenig oder gar kein Silizium. Der Nachteil: Dünnschicht-Solarzellen haben eine deutlich geringere Energieausbeute. Die Umwandlungseffizienz beträgt nur 8 bis 12 Prozent.

Eine andere Alternative ist die Nutzung von metallurgischem Silizium: »Anstelle des teuren, hochreinen Siliziums wollen wir metallurgisches, also weniger reines Silizium – auch »dirty silicon« genannt – nutzen«, erläutert Professor Weber den Forschungsansatz. In einem von der Fraunhofer-Stif-

tung unterstützten Projekt werden Solarzellen-Technologien auf der Basis von nur wenig gereinigtem metallurgischen Silizium entwickelt. So lassen sich künftig die Fertigungskosten für Solarzellen erheblich senken, ohne die Effizienz der Solarzellen zu mindern.

Neue Möglichkeiten eröffnet die Herstellung von Strom in konzentrierenden solarthermischen Kraftwerken (Concentrated Solar Thermal, CST oder auch CSP für Concentrated Solar Power). Über einen der Sonne nachgeführten Spiegel wird das Licht auf einen Rezeptor konzentriert. So lässt sich in einer linearen Röhre oder in einem Turm zum Beispiel Dampf erhitzen und damit in einer Turbine Strom erzeugen. Diese Technologie ist besonders in sonnenreichen Gegenden mit 2000 bis 2500 kWh/(m²*a) jährlicher Sonnenstrahlung interessant.

Weniger CO₂-Ausstoß dank neuer Energien

Auch das geplante Projekt »Desertec« setzt auf solarthermische Kraftwerke. Die Idee: In Afrika erzeugter Solarstrom soll nach Europa geleitet werden und so im Jahr 2050 etwa 15 Prozent des europäischen Strombedarfs decken. »Die Vision ist, Strom in sonnenreichen Gegenden zu produzieren und dann dorthin zu exportieren, wo er benötigt wird, und das ohne weitere staatliche Unterstützung«, sagt Weber.

Doch wie wirkt sich die Nutzung der Energie aus Sonne, Wind und Biomasse auf unsere Umwelt aus? In welchem Umfang sinkt der CO₂-Ausstoß? Die Erneuerbaren Energien haben nach Angaben des Bundesverbands Erneuerbare Energie im vergangenen Jahr etwa 111 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent vermieden. Es konnte auf Importe fossiler Brennstoffe im Gegenwert von 6,4 Milliarden Euro verzichtet werden.

Wind, Sonne, Biomasse, konventionelle Kraftwerke – künftig kommt unsere Energie aus immer mehr verschiedenen Quellen. Das stellt die Energieversorger vor neue Herausforderungen. Denn Wind- und

In den vergangenen Jahren ist die Bereitstellung von Energie aus Erneuerbaren Ressourcen kontinuierlich gestiegen.
Quelle: Bundesverband Erneuerbare Energien e. V.

■ 2007
■ 2008
■ 2009

Solaranlagen haben einen Nachteil: Sie liefern weitgehend »ungeregelt« Strom. Um den Spitzenverbrauch abzufedern und auch Strom bei Windstille und bedecktem Himmel zur Verfügung zu stellen, ist ein »intelligentes« Energiemanagement gefragt. Neue Informations- und Kommunikationstechnologien bieten hierfür vielfältige Chancen. Die Fraunhofer-Allianz Energie setzt auf virtuelle Kraftwerke, die mehrere dezentrale Erzeuger durch interaktive Vernetzung in ihren Ertrags- und Lastprognosen aufeinander abstimmen und so als zentrale Kraftwerke im Gesamtnetz agieren können. Daran arbeitet das Fraunhofer-Netzwerks »Intelligente Energienetze«.

Mit Hilfe moderner Informations- und Kommunikationssysteme – wie elektronische Stromzähler (smart meter) – können künftig die Verbraucher über flexible Energiepreise in die Ausrüstung eines Netzes mit einbezogen werden. Die Grundidee: Wird eine große Menge Strom verbraucht, ist er teuer. Wird weniger Strom benötigt oder über Sonne und Wind viel Energie bereitgestellt, sinkt der Preis (siehe Seite 20).

Außerdem helfen leistungsfähige Stromspeicher, das fluktuierende Energieangebot auszugleichen. Energiespeicher im Stromnetz sind daher auch eines der zwölf Zukunftsthemen, die Fraunhofer-Forscher in den nächsten Jahren intensiv bearbeiten. Forschungsschwerpunkte sind zwei, bisher nicht für große Leistung genutzte Technologien: Redoxflow- und Lithium-Batterien. Redoxflow-Batterien verfügen über eine ähnliche Energiedichte wie herkömmliche Bleiakkus. Ihre Lebensdauer ist jedoch zehnmal so hoch. Für kleine Einspeiser in netzfernen Gebieten könnten künftig Lithium-Batterien interessant werden. Solche kleinen Speicher sollen auch in Elektroautos zum Einsatz kommen. Eine Idee der Forscher: Elektrowagen werden als mobile Energiespeicher für Strom aus Wind und Sonne genutzt. Scheint die Sonne, laden sich die Akkus in den Elektroautos auf. Wird das Auto nicht benötigt, greifen Netzbetreiber auf die in den Batterien gespeicherte Energie zurück. So lässt sich das Stromnetz mit Hilfe von Elektroautos stabilisieren.

Ein interessanter Energiespeicher ist auch Wasserstoff. Mit Hilfe von Brennstoffzellen kann man die chemische Energie äußerst effizient in Strom und Wärme umwandeln. Die elektrische Ausbeute beträgt bis zu 50 Prozent. Werden die Brennstoffzellen direkt beim Verbraucher installiert, lässt sich zudem die entstehende Wärme nutzen. Der Gesamtwirkungsgrad steigt auf bis zu 80 Prozent.

Der beste Weg, Energiekosten zu senken, ist ein Ressourcen schonender Einsatz sowie ein sparsamer Umgang mit Energie. Mehr Licht, mehr Wärme, mehr Leistung aus einem Liter Öl oder einer Kilowattstunde Strom herauszuholen, ist nicht nur für einzelne Haushalte oder Betriebe lukrativ, auch die Volkswirtschaft profitiert davon. Eine Möglichkeit Energie effizienter zu nutzen, ist die gleichzeitige Wandlung von Energie in mehrere Energieträger oder die simultane Erzeugung von Elektrizität und Wärme, Polygeneration genannt. In Zukunft wird das Bereitstellen und Nutzen von Strom, Wärme und Kälte immer enger miteinander verbunden werden. Mit Organic-Rankine-Cycle-Anlagen (ORC-Anlagen) kann beispielsweise die Abwärme von Biogasmotoren genutzt werden. Für die Verwertung hochkalorischer Abfälle entwickeln Fraunhofer-Forscher dezentrale Kleinverbrennungsanlagen mit integrierter Kraft-Wärme-Kopplung.

Energiebedarf von Häusern senken

Massive Einsparmöglichkeiten gibt es vor allem bei Gebäuden. Etwa ein Drittel des Energiebedarfs in Deutschland wird für das Heizen und Kühlen von Wohnhäusern und Bürogebäuden benötigt. Vor allem Häuser, die vor 1983 gebaut wurden, sind große Energieverschwender. Sie benötigen oft mehr als 20 Liter Heizöl pro Quadratmeter und Jahr. Zum Vergleich: Heutige Neubauten benötigen nur ein Drittel. Mit intelligenter Gebäudetechnik lässt sich der Energieverbrauch der Altbauten deutlich senken (siehe Seite 26). Hochwärmedämmende Gebäudehüllen, effiziente Solar- und Lüftungssysteme sowie Langzeitspeicher sorgen dafür, dass der Energieverbrauch von Neubauten künftig noch weiter sinkt. In Zukunft werden neue Häuser keine zusätzliche Energie mehr benötigen (Null-Energie-Häuser) oder sogar Energie produzieren (Plus-Energie-Häuser).

Die wachsende Nachfrage nach Energie und die knapper werdende Ressourcen sowie steigende Umweltschutzanforderungen stellen Politik, Industrie und Verbraucher nicht nur vor große Herausforderungen, sondern bieten auch neue Marktchancen. In den vergangenen Jahren hat sich der Bereich Erneuerbare Energien zu einer wichtigen Wachstumsbranche und einem bedeutenden Arbeitgeber entwickelt. Heute sind mehr als 278 000 Menschen in diesem Bereich beschäftigt. 2008 wurden etwa 13,1 Milliarden Euro in neue Anlagen investiert. Addiert man die Erlöse aus dem Betrieb der Erneuerbare-Energien-Anlagen hinzu, ergibt sich für 2008 ein Gesamtumsatz in Höhe von rund 30 Milliarden Euro. Auch im internationalen Vergleich ist der deutsche Erneuerbare-Energien-Sektor nach wie vor führend. 2007 wurden Anlagen und Technik mit einem Volumen von etwa 9 Milliarden Euro exportiert. ■

 www.fraunhofer.de/audio:
online ab 16. März 2010

Strom und Wärme aus Restholz

Holzgefeuerte Kraftwerke haben einige Vorteile: Sie erzeugen Wärme und Strom zugleich und entlasten die Atmosphäre vom Treibhausgas Kohlendioxid. Auch als kleinere, dezentrale Anlagen können sich solche Kraftwerke lohnen, so die Erfahrung von Fraunhofer-Experten.

Text: Hellmuth Nordwig

Ob in Brunsbüttel, Pfaffenhofen, Hildesheim oder Ilmenau: Überall in Deutschland entstehen derzeit Kraftwerke, die Holzabfälle und Restholz verbrennen. Etwa 50 dieser Biomasse-Heizkraftwerke sind bereits in Betrieb oder werden demnächst ans Netz gehen. Wobei es eigentlich »an die Netze« heißen müsste, denn die Anlagen erzeugen dank einer Kraft-Wärme-Kopplung Fernwärme und Strom zugleich. Zwar setzen auch sie Kohlendioxid frei – aber zu Kohle-, Öl- oder Gaskraftwerken gibt es einen entscheidenden Unterschied: Es gelangt (abgesehen von den Kohlendioxidemissionen für Aufbereitungs- und Transportaufwand) nur soviel CO₂ in die Atmosphäre, wie die Bäume wenige Jahrzehnte zuvor während ihres Wachstums gebunden haben.

Neben den großen Holzkraftwerken der zentralen Energieversorger können auch kleinere, dezentrale Anlagen rentabel sein – unter zwei Voraussetzungen: Es muss genügend Holz zur Verfügung stehen, am besten als Rinde, Produktionsreststoff oder schwaches Ausforstungsholz. Und für die entstehende Wärme muss es eine sinnvolle Nutzung geben. »So werden Reststoffe dort verwertet, wo sie entstehen, und die Energie kann direkt an Ort und Stelle genutzt werden«, fasst Dr. Matthias Gohla die Vorteile zusammen. Der Leiter des Geschäftsfelds Prozess- und Anlagentechnik am Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg hat mit seinen Mitarbeitern bereits mehrere Biomasse-Heizkraftwerke für Betriebe konzipiert und während der Bauphase begleitet. Eines dieser Projekte haben die Forscher bei der Robeta Holz OHG in Milmlersdorf realisiert,

einem Sägewerk in der Uckermark, auf halbem Wege zwischen Berlin und Ostsee.

»Eigentlich haben wir nach einer Lösung zum Trocknen unserer Hölzer gesucht«, berichtet Robeta-Geschäftsführer Edgar Rockel, der das Werk mit zwei Mitstreitern nach der Wende aufgebaut hat. Denn mit getrocknetem Holz lässt sich eine deutlich höhere Wertschöpfung erzielen. Und Holzabfälle gibt es nun mal im Überfluss in einem Sägewerk, das im Jahr rund 300 000 Festmeter Kiefer, Lärche, Douglasie und Fichte verarbeitet. Deshalb bot es sich an, zwei Fliegen mit einer Klappe zu schlagen: das Restholz zu verbrennen und die Wärme zum Trocknen der eigenen Ware zu nutzen. Die Fraunhofer-Experten unterstützten den 150-Mann-Betrieb dabei, die effizienteste Lösung zu finden. Für sie war das nicht die erste Aufgabe dieser Art, aber es gab doch einige Besonderheiten zu berücksichtigen: Auf möglichst geringer Fläche sollte eine wirtschaftliche Anlage entstehen, die zudem keiner besonderen Beaufsichtigung bedarf. Denn Kraftwerkstechniker gibt es in einem Sägewerk nicht. »Der Prozess muss weitgehend von selbst laufen«, sagt Matthias Gohla.

Holzreste und Rinden werden verbrannt

Nachdem sie mehrere Varianten geprüft und durchgerechnet hatten, entschieden sich die Magdeburger Fraunhofer-Experten gemeinsam mit dem jetzigen Betreiber für folgenden Aufbau des Kraftwerks: Holzreste und Rinden werden auf einen Vorschubrost



gefördert, auf dem die Biomasse verbrennt. Das geschieht in einer separaten Feuerbox mit einer Rauchgaszirkulation, in der die Luftzufuhr ebenso angepasst werden kann wie die Brennstoffmenge. So wird stets eine optimale Verbrennung erreicht. Um die entstehende Wärme zu nutzen, haben die Fraunhofer-Forscher einen besonders effektiven Prozess der Kraft-Wärme-Kopplung gewählt: Im ORC-(Organic Rankine Cycle)-Prozess wird kein Wasser verdampft, sondern ein Silikonöl. So erreicht man einen elektrischen Wirkungsgrad von etwa 20 Prozent – bei einer einstufigen Dampfturbine dieser Baugröße sind es circa 16 Prozent. Damit erzeugt die Robeta Holz OHG eine elektrische Leistung von 1,2 Megawatt. »Wirtschaftlich besonders interessant ist es, dass die Energie ins öffentliche Stromnetz eingespeist und nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz vergütet wird«, sagt Matthias Gohla.

Täglich werden bis zu 250 Kubikmeter Holzrinde in dem Biomassekraftwerk zu Strom und Wärme veredelt.

Fraunhofer-Forscher haben das Biomasse-Kraftwerk konzipiert. alle Fotos © Dirk Mahler



BEEn: Biomasse-Energiekataster

Wo fallen Waldabfälle an? Was ist ein geeigneter Standort für ein Bioenergie-Projekt? Unterstützung bei der Beantwortung dieser und anderer Fragen wird das EU-Projekt »BEEn – Biomasse-Energiekataster für die nachhaltige Standortentwicklung europäischer Regionen« geben. Basierend auf open source-Geoinformationssystemen erarbeiten Forscher aus Italien, Großbritannien, Polen, Österreich und Deutschland ein Biomasse-Energiekataster.

Wie ein solches Kataster aussehen kann, zeigen die Forscher beispielhaft für die Modellregionen in Nord-Ost-England (UK), der Emscher-Lippe-Region, der Region Umbrien (IT) und der Gostyniner Seenplatte (PL). Die erhobenen Daten werden in das webbasiertes geographisches Informationssystem eingespeist und bilden die Grundlage für die Identifizierung geeigneter Standorte für Bioenergie-Projekte in den jeweiligen Regionen. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT in Oberhausen koordinieren das Projekt. Das regionale Energiekataster wird voraussichtlich 2011 veröffentlicht.

 www.been-project.eu

Noch mehr Energie fällt als Wärme an: 5,3 Megawatt stehen dem Sägewerk zur Verfügung, um die Betriebsgebäude zu heizen und vor allem, um das Holz zu trocknen. Auch wenn das Biomasse-Heizkraftwerk nicht zu den größten seiner Art gehört, hilft es dennoch die Umwelt zu schonen: Ein Kohlekraftwerk gleicher Leistung würde jährlich etwa 17 000 Tonnen Kohlendioxid ausstoßen – so viel wie die Heizungen von mehr als 2000 Vier-Personen-Haushalten zusammen.

Planen in der »virtuellen Realität«

Bereits in der Planungsphase bedienten sich die Magdeburger Ingenieure einer Methode, die ihr eigenes Institut zur Perfektion entwickelt hat: der »Virtuellen Realität«. Dabei werden die Daten aus einem 3-D-CAD-Modell in einer

anschaulichen Form dargestellt und miteinander verknüpft. So lässt sich die Anlage nicht nur planen, sondern schon vor dem Bau am Computer risikolos testen: Spielen alle Komponenten optimal zusammen? Kann die Anlage in jedem Betriebszustand problemlos bedient werden? Wie würde es sich auf die Gesamtfunktion auswirken, wenn ein Bauteil zum Beispiel anders dimensioniert würde? Konstruktionsfehler können von vornherein vermieden werden. Auch zusätzliche Elemente lassen sich in der virtuellen Darstellung hinterlegen, etwa Wartungsinformationen oder Dokumentationen für das Bedienpersonal. Dessen Schulung wird durch die Virtuelle Realität ebenfalls erleichtert – sie kann bereits erfolgen, bevor die Anlage gebaut wird. Und die Bedienmannschaft kann nach Herzenslust alles ausprobieren. Fehler bleiben folgenlos. »Unsere Mitarbeiter kannten das Kraftwerk schon in- und auswendig, bevor es überhaupt

stand«, erinnert sich Edgar Rockel. Für künftige Projekte plant das Fraunhofer-Team noch eine technische Neuerung: die Wirbelschichtfeuerung. Bei dieser Technik wird der Brennstoff in einer Sand- und Ascheschicht verteilt und von unten mit Verbrennungsluft angeströmt und verwirbelt. Das erlaubt eine deutlich homogenere Verbrennung, mit der Folge, dass weniger unerwünschte Schadgasanteile entstehen. So kann zudem der feuerungstechnische Wirkungsgrad noch weiter gesteigert werden.

Bei der Firma Robeta hat die Zukunft bereits begonnen. Etwa fünf Millionen Euro hat sie in das neue Holzwerk investiert. Seit der Inbetriebnahme im August 2008 läuft es reibungslos: »Es passt einfach und arbeitet wie nebenbei«, freut sich Edgar Rockel. Und das Sägewerk hat sein ursprüngliches Ziel erreicht: Es kann nun auch getrocknetes Holz anbieten. ■



Kraftwerke auf hoher See

Auf dem Meer weht der Wind stetiger und deutlich kräftiger als an Land. Deshalb setzt die Windenergiebranche verstärkt auf den Bau von Offshore-Anlagen. Vor wenigen Monaten ging der erste deutsche Windpark in der Nordsee ans Netz. Forscher begleiten das Test- und Demonstrationsprojekt »alpha ventus«.

Text: Birgit Niesing



Der Wind peitscht im Schnitt mit Windstärke 5, die Wellen türmen sich meterhoch, die Luft ist salzhaltig und feucht – 45 Kilometer nördlich von Borkum herrscht ein raues Klima. Hier wurde vor wenigen Monaten der erste deutsche Offshore-Windpark »alpha ventus« (siehe Kasten) fertiggestellt.

Offshore-Parks in der deutschen Nordsee zu errichten, stellt Planer, Anlagenbauer und -betreiber vor große Herausforderungen. Denn vor der Küste liegt der geschützte »Nationalpark Wattenmeer«. Die Windparks können deshalb nicht – wie sonst üblich – kurz vor dem Deich gebaut werden, sondern müssen weit vor die Inselkette von Sylt bis Borkum ausweichen. Das hat einige entscheidende Nachteile: Die Anlagen werden in Wassertiefen von 20 bis 40 Metern gebaut und gestalten sich damit zu technischem Neuland. Die Verankerung im Meeresboden und die Anbindung an das Stromnetz auf dem Festland sind aufwendig und teuer.

Der Offshore-Windpark »alpha ventus« muss extremen Bedingungen trotzen: Die zwölf Windkraftanlagen wurden in 30 Meter tiefem Wasser gebaut. Über ein 60 Kilometer langes Seekabel ist der Park mit dem Festland verbunden. Der

Windpark – ein gemeinsames Pilotprojekt der Unternehmen EWE, E.ON Climate & Renewables und Vattenfall – ist eine technische und logistische Pionierleistung. Im Testfeld kommen zwölf Windenergieanlagen der 5-Megawatt-Klasse zum Einsatz: sechs Anlagen des Typs Areva Multibrid M5000 sowie sechs Anlagen der REpower 5M. Die Anlagen sind auf zwei unterschiedliche Arten von Stahlfundamenten gebaut. Während die Areva-Multibrid-Anlagen auf Tripods stehen, dreibeinigen Füßen, wurden die REpower-Anlagen auf Stahlrohrtragwerken mit speziellen Gussverbindungen, den Jacket-Fundamenten, errichtet.

»Mit dem Pilotprojekt ‚alpha ventus‘ werden nun erstmals grundlegende Erfahrungen mit Bau und Betrieb eines Offshore-Windparks in großer Wassertiefe gesammelt«, erläutert Dr. Bernhard Lange vom Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES. Der Windenergie-Experte koordiniert die vom Bundesumweltministerium (BMU) mit 50 Millionen Euro geförderte Forschungsinitiative »Research at alpha ventus«, kurz RAVE. Ziel ist es, eine breite Wissensgrundlage für den Bau und den Betrieb zukünftiger Offshore-Anlagen zu gewinnen. Die Forscher wollen herausfin-

den, wie in Zukunft Offshore-Anlagen und Offshore-Parks besser und vor allem kostengünstiger konstruiert, errichtet und ins Stromnetz integriert werden können. Schwerpunkte der Forschungsarbeit sind die Untersuchung der Gründungs- und Tragstrukturen, Messtechnik, Anlagentechnik und Monitoring, die Netzintegration sowie die Aspekte Ökologie, Akzeptanz und Sicherheit.

 **Research at Alpha ventus**
www.rave-offshore.de

Forscher des IWES koordinieren nicht nur die Forschungsinitiative, sondern leiten auch zwei Arbeitsschwerpunkte. Im Projekt »Offshore WMEP« untersuchen die Wissenschaftler folgende Fragestellung: Welchen Einfluss haben die besonderen meteorologischen Bedingungen auf hoher See auf den Betrieb? Wie wirken sich Extremwerte auf die Verfügbarkeit der Anlagen aus? Wie hoch sind die Stromgestehungskosten? Lassen sich die Kosten in Zukunft reduzieren?

Die zweite Aufgabe der IWES-Wissenschaftler ist es, zu untersuchen, wie sich Offshore-Windparks in das Stromnetz integrieren lassen. Dazu bedarf es einerseits zuverlässiger Vorhersagen für die



alpha ventus

Gemeinsam haben die Energieversorgungsunternehmen EWE, E.ON und Vattenfall in der Nordsee in einer Entfernung von etwa 60 Kilometer vor der deutschen Küste das Offshore-Testfeld »alpha ventus« aufgebaut. Der erste deutsche Offshore-Windpark ist ein Demonstrations- und Forschungsobjekt zugleich. Im vergangenen Jahr wurden im 30 Meter tiefen Wasser zwölf Windkraftanlagen der Firmen Multibrid und REpower mit einer Leistung von je fünf Megawatt errichtet. Die Anlagen sollen künftig Strom für etwa 50 000 Haushalte liefern. Die Firmen haben 250 Millionen Euro in das Vorhaben investiert. Die ersten sechs Anlagen laufen bereits im Probebetrieb und erzeugen Strom.

 www.alpha-ventus.de

Windleistung. Andererseits muss auch geklärt werden, wie sich die Leistungen der Windparks im Meer managen lassen.

Die Erkenntnisse aus der Forschungsinitiative RAVE werden dringend benötigt. Die Bundesregierung möchte bereits 2020 etwa 30 Prozent des deutschen Energiebedarfs aus regenerativen Quellen erzeugen. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen verstärkt auch Offshore-Anlagen gebaut werden. »Die Windparks im Meer erzeugen erheblich mehr Energie als Anlagen an Land«, sagt Lange. Deshalb sollen in den kommenden 20 Jahren Windkraftanlagen in Nord- und Ostsee mit einer Leistung von 20 bis 25 Gigawatt errichtet werden. Ihre Stromproduktion würde dann mehr als 15 Prozent des deutschen Bedarfs decken.

Deutschland steht bei der Erschließung der Offshore-Windenergie erst am Anfang. Viele Europäische Länder setzen schon seit Jahren auf die Stromerzeugung auf hoher See. Dänemark hat bereits 1991 den ersten Offshore-Windpark in Betrieb genommen. Und auch andere Länder setzen bereits seit Jahren auf die Kraftwerke auf hoher See. Ende 2009 waren auf den Weltmeeren 33 Windparks am Netz.

Insbesondere Europa setzt auf den Ausbau der Offshore-Parks: 2009 nahmen acht neue Windparks mit 199 Offshore-Turbinen und einer Leistung von 577 Megawatt den Betrieb auf. Dieses Jahr, so schätzt der Branchenver-

band European Wind Energy Association EWEA, werden zehn zusätzliche Offshore-Windparks mit einer Leistung von 1000 Megawatt fertig gestellt. Das entspräche einem Plus von 75 Prozent. ■

Fraunhofer-Netzwerk Wind

Zuverlässige und effektive Windenergieanlagen zu entwickeln und ins Netz zu integrieren ist eine komplexe Aufgabe. In dem Fraunhofer-Netzwerk Wind haben sich neun Institute aus den Bereichen Materialforschung, Betriebssicherheit, Simulation, Leistungselektronik und Energiesystemtechnik zusammengeschlossen. Das Leistungsspektrum reicht von Vorhersageverfahren für Windenergie, Methoden des Lastmanagements und der Netzauslegung, Algorithmen für Leittechnik und Simulationswerkzeuge bis zu zerstörungsfreien Prüfmethoden für Anlagenkomponenten. Die beteiligten Institute sind:

- Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES
- Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
- Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS/EAS
- Fraunhofer-Anwendungszentrum Systemtechnik IOSB/AST
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
- Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
- Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM
- Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP
- Fraunhofer-Institut für Holzforschung WKI
- Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM

Power für regenerative Energien



Lässt sich mit regenerativen Energien die Stromversorgung der Zukunft sichern? Und wenn ja, mit welchen Techniken? Im EU-Projekt FENIX gehen Forscher diesen Fragen auf den Grund.
© ddp/Henning Kaiser

Die Partner im EU-Projekt FENIX

Projektleitung: José Corera Iberdrola S.A., Spanien ||| Iberdrola, Spanien, Verteilnetzbetreiber | EDF, Frankreich, Energieversorger | EDF Energy Networks, Großbritannien, Verteilnetzbetreiber | Red Eléctrica de España, Spanien, Übertragungsnetzbetreiber | National Grid Transco, Großbritannien, Übertragungsnetzbetreiber | Siemens, Österreich, Komponentenhersteller (DEMS, DMS) | Areva T&D, Frankreich, Komponentenhersteller (DEMS) | Gamesa, Spanien, Hersteller von Windenergieanlagen | ZIV, Spanien, Komponentenhersteller (FENIX-box) | Korona, Slowenien, Projektierer und Consultant | ScalAgent, Frankreich, Projektierer und Consultant | ECRO, Rumänien, Projektierer und Consultant | Poyry Energy Consulting, Großbritannien, Consultant | Fundación Labein, Spanien, Forschung und Entwicklung | IDEA, Frankreich, Forschung und Entwicklung | Fraunhofer IWES, Deutschland, Forschung und Entwicklung | ECN, Niederlande, Forschung und Entwicklung | The University of Manchester, Großbritannien, Forschung und Entwicklung | Vrije Universiteit Amsterdam, Niederlande, Forschung und Entwicklung | Imperial College, Großbritannien, Forschung und Entwicklung

Europa wird grün: Wenn es nach dem Willen der EU-Kommission geht, werden im Jahr 2020 mindestens zwanzig Prozent aller in Europa benötigten Energie aus erneuerbaren Quellen stammen. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen immer mehr Solarparks, Windräder und Blockheizkraftwerke die Rolle von Öl-, Kohle- oder Atomkraftwerken übernehmen. Theoretisch kein Problem, aber ist die Vision auch realistisch? Können alternative Anbieter genügend Strom liefern, wenn am Montagmorgen um acht Uhr überall die Maschinen und Computer hochgefahren werden? Erzeugen die Solarzellen und Windparks genügend elektrische Leistung, um die Energieversorgung selbst in abgelegenen Regionen aufrechtzuerhalten?

Im EU-Projekt FENIX – die Abkürzung für Flexible Electricity Networks to Integrate the Expected Energy Evolution – sind die Forscher diesen Fragen auf den Grund gegangen. Das Ergebnis: »Die Umstellung von der derzeit zentralen Stromversorgung durch Atom-, Öl oder Kohlekraftwerke auf eine dezentrale Versorgung wird nicht einfach, aber sie ist machbar«, resümiert Dr. Martin Braun, der die FENIX-Forschung am Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES in Kassel koordiniert. »Bisher war die Situation sehr überschaubar: Es gab einige große Kraftwerke – europaweit vielleicht einige Hundert – deren Leistung sich jederzeit an den gerade herrschenden Verbrauch anpassen ließ. In Zukunft wird es komplizierter: Es wird Hunderttausende von kleinen Erzeugern geben, von denen viele Strom nur dann liefern, wenn die Sonne scheint oder der Wind weht. Damit müssen Netzbetreiber und Energieversorger umzugehen lernen.«

 www.kombikraftwerk.de

Zusammen mit zwanzig Partnern aus neun europäischen Ländern haben die Fraunhofer-Forscher Lösungen erarbeitet, die die dezentrale Energieversorgung nicht nur technisch möglich, sondern auch wirtschaftlicher machen. Die Lösung sind »virtuelle Kraftwerke«, kleine Strukturen von alternativen Anbietern, die miteinander vernetzt sind.

Ein solcher Zusammenschluss würde sich für alle Beteiligten lohnen, erklärt der IWES-Forscher Braun: »Bislang können die kleinen Betreiber auf den Strommärkten, wo täglich die Preise für den nächsten Tag ausgehandelt werden, gar nicht in Erscheinung treten, weil sie sich die relativ hohen Kosten des Marktzutritts nicht leisten können. Wenn sich die kleinen Anbieter jedoch vernetzen, dann können sie nicht nur einen wichtigen Beitrag zur Stromversorgung leisten, sondern auch als Gemeinschaft auf dem Strommarkt mitbieten.«

 www.fenix-project.org

Die Vernetzung der kleinen Anbieter ist allerdings nicht ganz trivial: Alle Kraftwerke müssen mit einer zentralen, intelligenten Steuereinheit verbunden sein, die die technischen Möglichkeiten sämtlicher beteiligten Erzeuger genau kennt und optimal nutzt. Eine Solarzelle beispielsweise muss immer Strom ins Netz einspeisen können, wenn die Sonne scheint; die Kapazität von Windrädern gilt es zu nutzen, sobald der Wind weht; mit Biogas betriebene Blockheizkraftwerke können die Puffer-Funktion übernehmen – sie lassen sich bei jedem Wetter und zu jeder Tageszeit zuschalten.

Im Projekt FENIX haben die Forscher untersucht, welche Informationen zwischen den Anbietern ausgetauscht werden müssten, wie sich der Datentransfer organisieren lässt, welche Regelungsmechanismen notwendig wären. »Dabei konnten wir zeigen, dass kleine Anbieter, wenn sie vernetzt sind, zuverlässig dieselben Netzdienstleistungen erbringen können, wie traditionelle Großanbieter«, so Braun. »Sie unterstützen den Netzbetrieb auf gleiche Weise, leisten denselben Beitrag zur Frequenzhaltung, Spannungshaltung und Stromversorgung.« Im nächsten Schritt haben die Forscher Komponenten für ein virtuelles Kraftwerk entwickelt – beispielsweise ein Kommunikationssystem, das aus einer zentralen Steuereinheit, dem Dezentralen Energiemanagementsystem DEMS, besteht. Diese ist verbunden mit den Erzeugereinheiten, die wiederum durch FENIX-Boxen geregelt werden.

Dass all das auch wirklich funktioniert, hat ein Feldversuch in Spanien gezeigt. Über die zentrale Steuerungseinheit wurde ein dezentrales Netz aufgebaut, mit Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung, in denen die Generatoren Wärme und Strom erzeugen: Biogasanlagen und Windturbinen. Das Zusammenspiel klappte, die Spannung lag überall im Netz innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen. Die Miniatur-Variante eines virtuellen Kraftwerkes – inklusive Steuereinheit, Kommunikationsnetz und regelbaren Generatoren – wurde jetzt am Fraunhofer-Institut in Kassel aufgebaut: Im Demo-Labor können Netz- und Anlagenbetreiber neue Technologien erproben. »Mit dem FENIX-Projekt, das jetzt abgeschlossen ist, haben wir einen ersten, aber entscheidenden Schritt getan zur Integration erneuerbarer Energiequellen in das bestehende elektrische Versorgungssystem«, resümiert Braun. »Wir haben Werkzeuge und Konzepte entwickelt, getestet und gezeigt, dass diese in der Tat helfen können, die Ziele der EU-Kommission von 20 Prozent erneuerbarer Energie bis 2020 zu erreichen.«

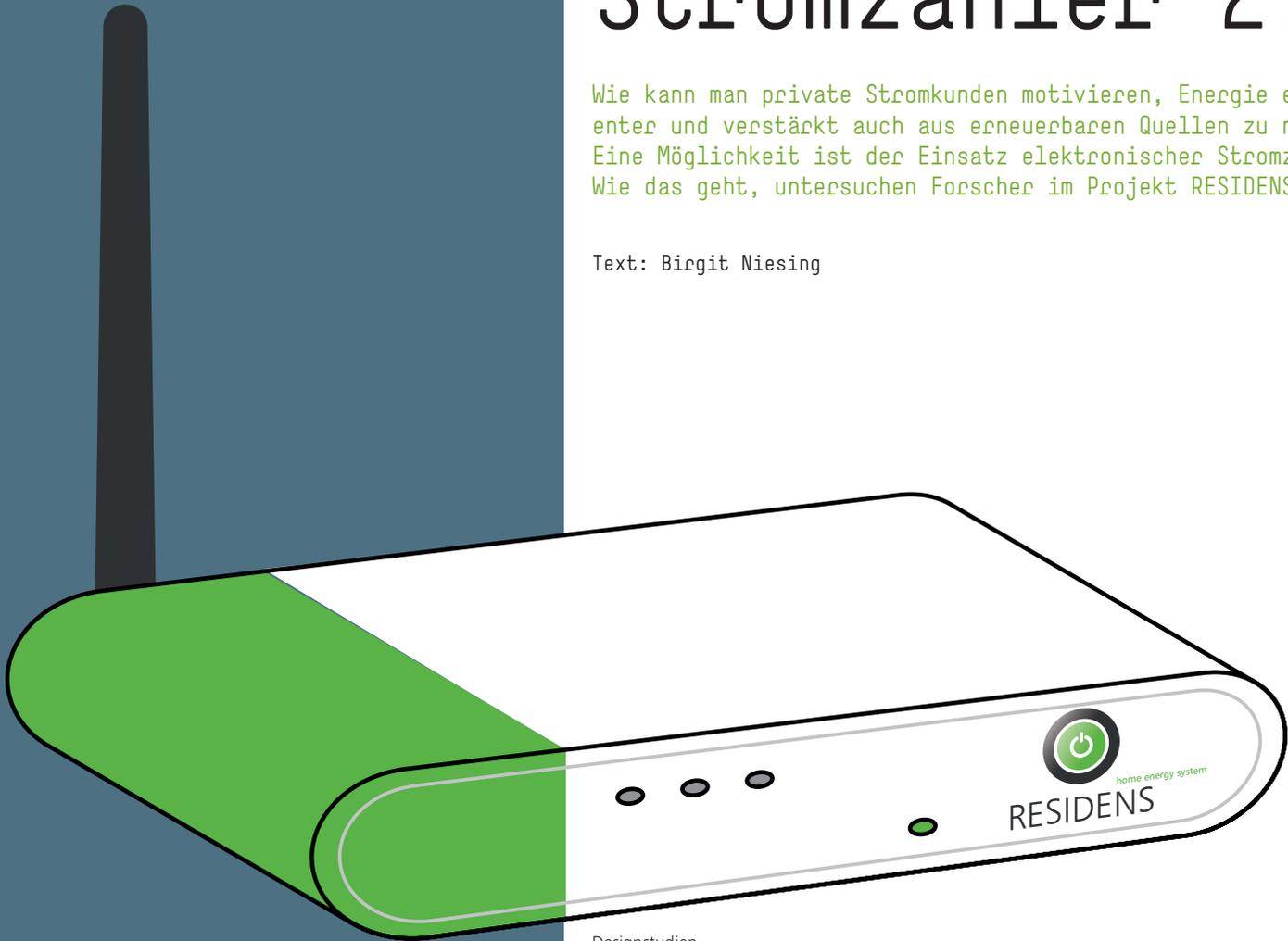
 www.regmodharz.de

Und wie geht es weiter? Die virtuellen Kraftwerke müssen wachsen. »Wir wollen die Technik weiterentwickeln, damit möglichst viele Anbieter regenerativer Energien integriert werden können. Das ist nicht ganz einfach, weil die Kommunikationstechnik der Anlagen derzeit oft aufwendig ist. Wir arbeiten aber auch hier bereits an Lösungen. Gleichzeitig müssen wir praktische Erfahrungen sammeln«, so Braun. Gelegenheit dazu hat der Forscher derzeit im Harz. In der E-Energy-Modellregion entsteht ein großes virtuelles Kraftwerk – Windpark, Biogasanlagen, Wasserkraftwerke und Solaranlagen sind darin intelligent vernetzt. Wenn alles klappt wie geplant, kann die dezentrale Stromversorgung weiter ausgebaut werden. Nach Berechnungen der Fraunhofer-Experten eignet sie sich nicht nur für die regionale, sondern auch zur überregionalen Stromversorgung. »Theoretisch«, sagt IWES-Institutsleiter Prof. Jürgen Schmid, »lässt sich ganz Europa mit dezentral erzeugtem Strom versorgen.« ■

Stromzähler 2.0

Wie kann man private Stromkunden motivieren, Energie effizienter und verstärkt auch aus erneuerbaren Quellen zu nutzen? Eine Möglichkeit ist der Einsatz elektronischer Stromzähler. Wie das geht, untersuchen Forscher im Projekt RESIDENS.

Text: Birgit Niesing



Designstudien
© Andreas Ingerl

Wissen Sie, wie viel Strom Sie gestern verbraucht haben? Oder ob es günstiger ist, die Waschmaschine am Nachmittag oder besser doch erst nach 22 Uhr zu starten? Nein, ich auch nicht. Wie viel Strom man verbraucht hat, erfährt man meist nur einmal im Jahr mit der Endabrechnung. Doch ob die dicke Nachforderung nur an den gestiegenen Preisen liegt, oder ob man vielleicht doch trotz Energiesparlampen wegen des riesigen neuen Flachbildschirms, der Setbox und dem täglichen Internetsurfen einfach mehr Strom verbraucht hat, weiß man meist nicht. Und auch wie man durch sein Verhalten dazu beitragen kann, Energie aus erneuerbaren Quellen effizienter zu nutzen, ist für viele Stromkunden ein Rätsel.

In dem Projekt »RESIDENS – Effizientere Energienutzung durch systemtechnische Integration des privaten Endabnehmers« untersuchen Forscher, wie Stromkunden motiviert werden können, Energie aus erneuerbaren Quellen effizienter



Smart Meter sind elektronische Stromzähler, die gemessene Daten speichern und in nahezu beliebigen Zeitabständen zum Messdienstleister zu senden können. © Andreas Ingerl

zu nutzen. In dem Projekt arbeiten Forscher der Technischen Universität Ilmenau, des Fraunhofer-Anwendungszentrums für Systemtechnik AST und des Fraunhofer-Instituts für Digitale Medientechnologie IDMT in Ilmenau zusammen. Das Thüringer Kultusministerium fördert das Vorhaben mit 1,2 Millionen Euro.

 www.residens-projekt.de

Doch die Stromkunden können Energie nur dann effizienter nutzen, wenn sie genau wissen, wann sie wie viel Strom verbrauchen, wie teuer er aktuell ist, und ob der Gebrauch von Öko-Strom auch wirtschaftlich interessant ist. Deshalb setzen die Forscher auf den Einsatz »elektronischer Stromzähler«. Die Smart Meter messen den Verbrauch und speichern die Daten. »Die Geräte ermöglichen es, die Werte auf unterschiedliche Art und Weise auszuwerten«, erläutert Dr.-Ing. Peter Bretschneider vom AST. So lässt sich zum Beispiel der aktuelle Stromverbrauch anzeigen, oder was eine Kilowattstunde Strom kostet. Und man kann verfolgen, wie viel Energie man in einer bestimmten Zeit – zum Beispiel in der vergangenen Woche – abgenommen hat.

Von den intelligenten Stromzählern profitieren Stromanbieter und Kunden: Dank der Smart Meter lässt sich jeden Monat der tatsächliche Verbrauch abrechnen, und der Kunde spart Geld, wenn er zum Beispiel nur in Nebenzeiten die Waschmaschine startet. »Die Stromanbieter können so Anreize zur Verschiebung der Stromnutzung weg von Spitzenlastzeiten schaffen«, sagt Bretschneider.

Damit Stromkunden die neuen Möglichkeiten unkompliziert nutzen können, arbeiten die Forscher auch an Anwendungen für das Webportal. Dort können die Nutzer auf einen Blick sehen, wie hoch die Stromkosten im vergangenen Jahr waren, wie viel Energie sie heute verbraucht haben und wie hoch die Stromkosten gestern waren. Außerdem lässt sich in der Jahresübersicht erkennen, in welchen Monaten man besonders viel elektrische Energie verbraucht hat. Die Tagesübersicht macht deutlich, um welche Uhrzeit der

Stromverbrauch am höchsten war. Über das Portal erfahren die Nutzer aber auch, wann Öko-Strom günstig ist. Dann entscheiden sich Stromkunden vielleicht öfter, auf Energie aus erneuerbaren Quellen umzusteigen.

»Smart Metering ist mehr als nur »intelligentes« Auslesen von Zählerdaten. Es umfasst das gesamte Spektrum von der Tarifierung über die Zähler- und Kommunikationstechnologien bis hin zur Datenverwaltung und -aufbereitung«, betont Bretschneider. »Die Technologie hat das Potenzial, die Stromkunden durch Tarifierungssysteme und variable Tarifgestaltung zur Veränderung ihres Abnehmerverhaltens zu bewegen.« Das hilft, Spitzenlasten zu senken.

Nutzen Verbraucher Smart Meter?

Das Forschungsvorhaben ist in drei Teilprojekte unterteilt: Zunächst untersuchen die Forscher, wie das Thema Energie in Medien dargestellt wird, und wie gut die Verbraucher über die Thematik informiert sind: wie die Stromkunden energiepolitische Maßnahmen bewerten und welche energiebezogenen Einstellungen und Verhaltensweisen sie haben.

In der zweiten Projektphase prüfen die Experten, ob die Kunden den elektronischen Stromzähler annehmen. »Dabei sollen die Stärken und Schwächen der systemtechnischen Integration der Smart Meter sowie mögliche Verbesserungen aus Endabnehmersicht umfassend analysiert werden«, berichtet Bretschneider. Ein weiteres Ziel ist es, zu untersuchen, ob die Nutzer ihren Stromverbrauch ändern, wenn sie zum Beispiel zu bestimmten Uhrzeiten elektrische Energie besonders günstig beziehen können. Auf Basis der Ergebnisse aus den ersten beiden Untersuchungen wollen die Forscher dann die Kompetenz der Stromkunden im Umgang mit Smart Metern und Energieeffizienz-Maßnahmen generell fördern.

Die Energie wird durch den Einsatz von Smart Metern zwar nicht billiger, aber es wird reizvoller, Strom einzusparen. Und wer weiß, vielleicht wird schon bald in immer mehr Haushalten die Waschmaschine erst mitten in der Nacht gestartet? ■

ORMOCER®-Lithium-Ionen-Leiter – Testpräparat für Batteriezellen. © Volker Steger



Kohlenstofffasern macht Batterien fit

Ein Projekt unter Leitung des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC in Würzburg soll Lithium-Ionen-Batterien einen technologischen Schub geben.

Text: Brigitte Röthlein

Lange Zeit wurden sie belächelt, galten als schwach und klein. Doch im Zeitalter der Klimaerwärmung kommen Elektroautos groß raus. Wenn es nach dem Willen der Bundeskanzlerin geht, sollen bis zum Jahr 2020 auf den bundesdeutschen Straßen eine Million elektrisch angetriebener Fahrzeuge lautlos und schadstofffrei für Mobilität sorgen. Um dieses ehrgeizige Ziel zu erreichen, braucht man aber entsprechend leistungsfähige und sichere mobile Energiespeicher.

Bisher wurde die Elektromobilität gebremst durch Batterien, die zu schwer waren, zu wenig Power in einem kleinen Volumen speichern konnten, zu langsam Energie wieder abgaben, und zu lange brauchten, um sich wieder aufzuladen. Hier Abhilfe zu schaffen, haben sich unter Leitung des Fraunhofer-Instituts für Siliciumforschung ISC in Würzburg acht Forschungseinrichtungen vorgenommen. Im Projekt »KoLiWIn« – das Kürzel steht für »Konzeptstudien für neuartige Lithium-Ionen-Zellen auf der Basis von Werkstoff-Innovationen« – erforschen sie seit September 2009, wie man Batterien entscheidend verbessern kann. Acht Millionen Euro hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) dafür bereitgestellt.

Batterien müssen schnell ent- und geladen werden können

Im Fokus des Interesses steht dabei die Lithium-Ionen-Batterie, denn sie erreicht von allen heute üblichen Konzepten die höchste Energiedichte. Handys und Laptops sind ohne sie kaum mehr vorstellbar, und zunehmend werden sogar Elektrowerkzeuge mit den relativ umweltfreundlichen Lithium-Ionen-Akkus ausgestattet. Für den Einsatz im Automobil gelten allerdings höhere Anforderungen: Vor allem müssen die Batterien schneller ent- und geladen werden können. Zwar gibt es heute schon Stromspeicher, die sich sehr schnell entladen lassen – Doppelschicht-Kondensatoren, auch Supercaps genannt – aber diese taugen nicht fürs Elektroauto, weil sie nicht genügend Energie speichern können. Der Grund: Elektrische Ladungen werden nur an der Oberfläche des Elektrodenmaterials gespeichert. Die Vorteile von Lithium-Ionen-Batterien und Supercaps zu kombinieren, ist das ambitionierte Ziel des KoLiWIn-Projekts. »Die acht Partnerinsti-

tute wollen gemeinsam neue Materialkonzepte entwickeln, die nicht nur ein schnelleres Laden ermöglichen und eine größere Energiemenge bereitstellen als herkömmliche Batterietypen, sondern die auch erheblich sicherer sind. Das ISC hat in den vergangenen Jahren bereits neuartige Materialien für polymere, nicht entzündliche Elektrolyte gefunden, deshalb ging die Initiative zu dem Verbundprojekt von uns aus.«, sagt Projektleiter Dr. Kai-Christian Möller vom ISC. Der Chemiker weiß aber auch, dass das Ziel hoch gesteckt ist: »Wir müssen eine Menge Probleme lösen, bis es uns gelingt, die Vorteile der beiden Systeme zu vereinen und gleichzeitig deren Nachteile zu vermeiden.«

Lithium-Batterien mit metallischem Lithium sind schon lange bekannt: Jeder verwendet sie in Taschenrechnern und Armbanduhren. Doch die Batterien müssen, wenn sie leer sind, entsorgt werden. Aufladen funktioniert nur schlecht, weil sich das beim Entladen gelöste metallische Lithium nicht ohne weiteres regenerieren lässt. Vielfach bilden sich verästelte Nadelstrukturen, die zum Kurzschluss führen – die Zelle wird zerstört. Ungefährliche und zuverlässige Lithium-Batterien zu bauen, die man tausendfach wiederaufladen kann, ist erst gelungen, seit man für die Elektroden nicht mehr metallisches Lithium verwendet, sondern Lithium-Ionen in ein Wirtsmaterial einbaut, zum Beispiel in Grafitschichten. Die Lithium-Ionen kehren beim Aufladen wieder in ihre angestammten Schichten zurück, die Batterie lässt sich damit erneut aufladen, der Prozess ist beliebig oft wiederholbar.

Im Projekt KoLiWIn sollen nun die einzelnen Batteriekomponenten weiter optimiert werden – mit völlig neuartigen Materialkonzepten. Wissenschaftler der Universität Ulm wollen den Vorteil der schnellen Leistungsabgabe der Supercaps ins Spiel bringen, indem sie mesopore Kohlenstoffe mit maßgeschneiderten Poren entwickeln, in deren großer innerer Oberflächenstruktur sich viele Lithium-Ionen schnell anlagern können. Mit einem ähnlichen Ziel lassen Forscher vom Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS in Dresden eine Art Rasen aus Carbon-Nanotubes auf den Elektroden wachsen. Der Rasen vergrößert die aktive Oberfläche. Auf diese Weise wollen die Forscher erreichen, dass sich an die Kohlenstoffröhrchen

im Nanomaßstab mehr Lithium-Ionen anlagern als an bisher gebräuchlichen Elektroden. Die Gesamtenergie, die sich mit den neuartigen Elektroden speichern lässt, soll durch Zusätze von fein verteiltem Silizium erhöht werden – Silizium erreicht zehnmal bessere Werte als der bisher verwendete Grafit. »Damit würde eine Elektrode als Mischung aus Supercap und Lithium-Ionen-Batterie entstehen, die durch die Kombination beider Mechanismen der Ladungsspeicherung sowohl hohe Leistungs- als auch hohe Energiedichten verspricht«, erklärt Kai-Christian Möller.

Dünne Membranen sollen Kurzschluss verhindern

Spezialisten der Universität Köln erproben, wie man Elektroden mit Hilfe von Nanopartikeln, Nanodrähten oder feinsten Härchen – auch aus Silizium oder geeigneten anderen Lithium-Speichermaterialien – so strukturieren kann, dass die Lithium-Ionen möglichst oft und schnell hinein- und hinausschlüpfen können. Parallel dazu beschäftigen sich Forscher am ISC sowie an den Universitäten Marburg und Münster mit der Entwicklung dünnerer Membranen, die einen Kurzschluss zwischen den Elektroden verhindern und die Lithium-Ionen leichter von einer Seite zur anderen passieren lassen.

Alle Verbesserungsvorschläge werden in der Praxis erprobt, indem man sie in Batteriezellen einbaut und deren elektrochemische Eigenschaften misst. Dies erledigen Forscher am ISC und am Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik des Karlsruher Instituts für Technologie. Die Verbindung zwischen Theorie und Praxis schaffen in dem Projekt neue Simulationsverfahren, die am Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg entwickelt wurden. Dort können die Forscher die neuen Werkstoffe bewerten – von der Wechselwirkung der Atome im Material bis hin zum Einsatzverhalten im Produkt.

»Wenn unsere Pläne gelingen, wird Deutschland in der Batterietechnik aufholen können«, hofft Projektleiter Möller. Angesichts des großen Marktes, der sich für Elektroautos abzeichnet, wäre das ein lohnendes Ziel. Fachleute schätzen, dass bis zum Jahr 2020 weltweit Batterien im Wert von zehn Milliarden Euro jährlich verkauft werden. ■

Spin-offs

Sicher auf Straße und Schiene

Fahrzeuge sind pausenlos im Einsatz. Bevor sie auf die Straße kommen, müssen vor allem Räder extreme Belastungstests in Radprüfständen bestehen. Zum Beispiel am Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt. Die Forscher dort sind auf Radprüfungen spezialisiert und nutzen dazu eine riesige Prüfhalle. Immer bessere Rechenleistungen machen es möglich, dass die realen Radprüfungen durch geeignete Simulationen ergänzt werden. Die Software LBF®.WheelStrength unterstützt Ingenieure dabei, die Auslegung von Fahrzeugrädern für Straßenfahrzeuge jeglicher Art, Eisenbahnen und Kettenfahrzeuge vollständig zu prüfen. Mithilfe der Finite-Elemente-Methode lassen sich die tatsächlich auftretenden Beanspruchungen anhand vorgegebener definierter Einsatzprofile berechnen.

Die Software LBF®.WheelStrength wird seit zehn Jahren von einer Ausgründung, der Stress & Strength GmbH, vermarktet. Das Unternehmen ist als strategischer Partner für Entwicklung und Vermarktung von Spezialsoftware mit dem Institut assoziiert. »Für den Leichtbau ergeben sich damit neue Entwicklungsmöglichkeiten«, sagt Geschäftsführer Oliver Ehl. Denn durch die methodisch zuverlässige und betriebsnahe Simulation lassen sich insbesondere Leichtbaupotenziale erkennen und das Design optimieren.

»Zu unseren Kunden zählen Automobilhersteller, etwa Audi und MAN, sowie Zulieferer wie Otto Fuchs, Wheels India und Liufeng in China«, sagt Ehl. Weitere Produkte von Stress & Strength sind LBF®.DAP, eine Software zur Auswertung und Bearbeitung von Zeitreihen sowie zur Versuchszeitverkürzung, und LBF®.SuspensionStrength, ein Berechnungskonzept für die Betriebsfestigkeit von Achs- und Trailerkomponenten.

Die Automatisierung und Optimierung numerischer Prozesse in enger Absprache mit den Kunden ist ein weiteres wichtiges Geschäftsfeld. Diese spezifische Softwareentwicklung gewinnt immer mehr an Bedeutung. »Außerdem unterstützen wir unsere Partner bei CAE-Dienstleistungen – oft in Zusammenarbeit mit dem LBF. Schulungen und Seminare runden unser Angebot ab«, erläutert Ehl.

www.s-and-s.de
Oliver Ehl



Logistik-Netzwerk für Global Player

Hilfe! Wie bekomme ich eine in China hängengebliebene Warensendung rechtzeitig raus? Wenn ein verzweifelter Großhändler bei www.globalscm.de diese Frage eingibt, helfen Experten: Im neuen Web.2.0-Portal dreht sich alles um Logistik. Die Initiative kam von Professor Michael ten Hompel, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund, und Prof. Christopher Jahns, Präsident der European Business School. Ihre Meinung: Die Welt der Logistik, des Einkaufs und des Supply Chain Managements braucht dringend eine leistungsfähige netzwerk- und zukunftsorientierte Internetplattform. IML-Wissenschaftler haben daraufhin ein innovatives und professionelles Online-Portal entwickelt. Im Februar 2009 wurde die GlobalGate GmbH als Betreiber ausgegründet. Seit Mai 2009 ist das Logistik-Netzwerk online, und es haben sich bereits 4100 User registriert

Egal, ob man eine Stelle sucht, einen Spezialbegriff nicht versteht oder einfach nur die Branchennachrichten verfolgen will, hier wird man fündig. »Unser Webauftritt gliedert sich in drei Bereiche: Jobs, Networking und Know-how. Wir bieten ähnliche Funktionen wie Xing, doch unsere Features sind noch deutlich umfassender und differenzierter«, beschreibt Geschäftsführer Philip Janssen die Logistik-Plattform. Eine kleine Online-Redaktion aktualisiert täglich die Branchen-News. Modular aufgebaute Foren, ein Event-Planer zur Terminkoordination, ein Telefonkonferenz-Tool und Dateiablagen unterstützen die tägliche Arbeit. Mit dem Expertenkonzept beantworten kompetente Ansprechpartner Fragen rund um die Logistik. Außerdem erhalten die Nutzer über den Bereich »Forschung und Lehre« Zugriff auf aktuelle Studien, wissenschaftliche Publikationen und Vorlesungsunterlagen von Universitäten. Die Art der Mitgliedschaft bestimmt darüber, wie viele Funktionen der Kunde nutzen kann.

Ein besonderes Highlight ist das Portal im Portal. Damit können sich beispielsweise Unternehmen, Verbände und wissenschaftliche Einrichtungen aufwendige und kostenintensive Intranetlösungen sparen. In geschlossenen Bereichen stellen die Betreiber den Nutzern Funktionen zusammen, die für den Kontakt der Mitarbeiter untereinander oder auch für die externe Kommunikation mit Kunden benötigt werden. Das vereinfacht die Kundenakquisition und verbessert die Kundenbindung. 12 Firmen und vier Verbände nutzen bereits diese Möglichkeit.

Philip Janssen
www.globalscm.de



Energie intelligent managen

Um Energie zu sparen, müssen Verbraucher sich jederzeit über den Energieverbrauch ihrer Geräte informieren und diesen auch steuern können.

Text: Brigitte Röthlein

Mit »Smart Metern«, intelligenten Geräten zur Verbrauchsmessung, lässt künftig der Stromverbrauch privater Haushalte von außen abzulesen und zu steuern. Durch die zunehmende Nutzung von Sonne und Wind wechselt das Stromangebot sehr kurzfristig. Deshalb sollen die Kunden möglichst immer genau dann Strom verbrauchen, wenn er gerade verfügbar ist. Eine Möglichkeit, diese Angleichung zu schaffen, sind Preisanreize: Wenn das Angebot hoch ist, fällt der Preis und umgekehrt.

Professor Frank Bomarius, stellvertretender Leiter des Fraunhofer-Instituts für Experimentelles Software Engineering IESE in Kaiserslautern, und sein Team entwickeln zurzeit eine Software, die hinter dem Stromzähler sitzt und dafür sorgt,

dass der Energieverbrauch entsprechend angepasst wird. »Informationen über die erwartete Preisentwicklung in den nächsten Minuten und Stunden kommen von außen, also vom Energieversorger, kurz EVU«, sagt der Informatiker. Diese müssen kombiniert werden mit den Bedürfnissen und Präferenzen des Verbrauchers. »Unser System sorgt dafür, dass die Geräte im Haushalt gemäß dieser Vorgaben optimal gesteuert werden«.

Bedienen lässt sich das System von einem PC, dort gibt der Verbraucher seine Wünsche ein: Er bestimmt die Temperatur für das Kühlen oder Heizen, nennt einen Höchstpreis, den er für die Kilowattstunde bezahlen will, oder limitiert den maximalen Verbrauch. Danach errechnet die

Software, wann welche Geräte im Haushalt ein- und ausgeschaltet werden.

2010 soll das System in Kaiserslautern in einigen Wohnungen praktisch erprobt werden. Natürlich eignet es sich auch für große Wohnanlagen, öffentliche Gebäude oder Geschäftshäuser. Dort ist häufig bereits eine zentrale Haustechnik vorhanden, auf die das Energiemanagement aufsetzt. Wie die Kommunikation mit den Versorgern aussehen wird, darüber verhandeln die Forscher im Kaiserslauterer Projekt mit dem lokalen EVU. »Wir wollen die Schnittstelle ganz schmal halten«, so Bomarius, »es ist nicht einzusehen, warum mein Energieversorger wissen und beeinflussen soll, wann ich kühle, heize, fernsehe oder koche.« ■

O-Saft



Jede Idee verdient eine Chance.

start2grow unterstützt Sie auf Ihrem Weg in die Selbstständigkeit. Wir bieten:

- Netzwerk mit über 600 Coaches
- hohe Geld- und Sachpreise
- kostenfreie Teilnahme



Eine Initiative des dortmund-project.

Der Gründungswettbewerb start2grow 2010 # Start ab 10. Mai 2010 # Jetzt anmelden: www.start2grow.de

Vom Altbau zum Nullenergiehaus

Um alte Häuser zu heizen, braucht man viel Energie. Durch Sanierung lässt sich der Energiebedarf um mehr als 80 Prozent senken.

Text: Birgit Niesing

Unerfreuliche Post: Mit der Heizkostenabrechnung flattert auch gleich eine dicke Nachzahlungsforderung ins Haus. Insbesondere Bewohner von Wohnungen und Häusern, die vor 1983 gebaut wurden, müssen fürs Heizen oft tief in die Tasche greifen. Denn die Altbauten sind große Energieverschwender. Meist benötigen sie mehr als 20 Liter Heizöl pro Quadratmeter und Jahr. Heutige Neubauten kommen mit einem Drittel aus. Mit guter Dämmung, effizienter Heiztechnik und Warmwasseraufbe-

reitung lässt sich jedoch auch in Altbauten der Energieverbrauch deutlich senken – um mehr als 80 Prozent.

Wie effektiv die energetische Sanierung von Altbauten ist, haben Forscher des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg und des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP in Stuttgart an Gebäuden aus den 30er-, 50er- und 60er-Jahren untersucht. Die Gebäude wurden in dem Projekt »Niedrigenergiehaus

im Bestand« – je nach Konzept in KfW 40 (der Jahres-Primärenergiebedarf ist auf maximal 40 kWh/m² Gebäudenutzfläche beschränkt), KfW 60, 3-Liter-Häuser oder Passivhäuser – umgebaut. Dank optimierter Gebäudehüllen, thermischer Solaranlagen, neuer Heizsysteme und Lüftungsanlagen konnte der Energiebedarf drastisch gesenkt werden. »Der Primärbedarf für Heizen und Trinkwasser hat sich im Schnitt um 80 bis 90 Prozent reduziert. Damit werden die aktuellen Anforderungen der Energieeinsparverordnung etwa um die Hälfte unterschritten«, erläutert Sebastian Herkel vom ISE.

Von niedrigen Mehrfamilienhäusern und 16-geschossigen Hochhäusern

Nun sollen die Altbauten im Quartier Weingarten in Freiburg saniert werden. Im Sanierungsgebiet stehen vier Gebäudetypen, überwiegend aus den 1960er-Jahren: 16-geschossige Hochhäuser, acht- und viergeschossige Mehrfamilienhäuser, sowie Gewerbe-Gebäude und soziale Einrichtungen. In dem Projekt »Weingarten 2020« arbeiten die Freiburger Stadtbau FSB, badenova WÄRMEPLUS und das ISE gemeinsam. Das Bundeswirtschaftsministerium fördert das Vorhaben in dem Förderprogramm EnEff-Stadt. Das geplante Investitionsvolumen allein der Freiburger Stadtbau beträgt circa 114 Millionen Euro für die Gebäudesanierung.

Es ist geplant, den Stadtteil Weingarten West in drei Abschnitten zu sanieren. Zunächst werden die vier Hochhäuser renoviert. Die Planung der anderen Gebäudetypen startet in diesem Jahr. »Das Vorhaben soll exemplarisch ein zukunftsfähiges Modell energetischer Stadtsanierung darstellen, um so den Pfad zu einer nachhaltigen, klimaneutralen Energieversorgung aufzuzeigen«, sagt Sebastian Herkel. ■



Strapazieren mit System

Die Kraftfahrzeugbranche ist im Umbruch. Für die neuen Elektroautos entwickeln Forscher Bauteile und Konstruktionen. Auf einem neuen Prüfstand stellen sich Achsen und Karossen dem Hätetest.

Text: Marion Horn

Der neue Ganzfahrzeugprüfstand ist auch auf die Erfordernisse von Elektrofahrzeugen abgestimmt.
© Fraunhofer LBF



Die brandneue Limousine fährt und fährt, über holperige Wege und engkurvige Strecken, 300 000 Kilometer in drei Wochen – ohne Fahrer und ohne einen Meter voranzukommen: Auf dem neuen Fahrzeugprüfstand des Fraunhofer-Instituts für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt wird das komplette Auto auf Herz und Nieren geprüft und dabei nicht geschont, in allen Richtungen zerran die Kräfte an dem 2,5 Tonnen schweren Wagen. Hält er den extremen Belastungen stand? Ähnlich wie der TÜV, nur erheblich umfangreicher, testen die Wissenschaftler am LBF die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Fahrzeugs.

Fahrzeugprüfstand mit 26 Hydraulikzylindern

Der Prüfstand mit 26 ansteuerbaren Hydraulikzylindern bildet alle Kräfte nach, die über die Räder, das Chassis oder die Karosserie wirken. Wo das Rad des Fahrzeugs sitzen würde, sind

Messräder eingebaut. Diese mit Sensoren bestückten Spezialräder der Firma Kistler zeichnen alles auf: Wie wirkt es sich aus, wenn das Auto beschleunigt, das Material gedehnt wird, Teile erhitzt werden?

Neue Prüfsysteme für Elektrowagen

Am PC werten die Ingenieure die Ergebnisse aus, detektieren mögliche Schäden am Fahrzeug und treffen Abschätzungen über die Lebensdauer einzelner Baugruppen.

»Die Fahrzeuge werden sich stark ändern, wenn die Firmen auf Elektrofahrzeuge umstellen. Neue Konstruktionen führen zu anderen Belastungen auf das Fahrwerk. Das wiederum macht neue Prüf- und Bewertungsmethoden notwendig. Wir sind dafür gerüstet. Den neuartigen Prüfstand haben wir mit 3,5 Millionen Euro aus dem Konjunkturpaket I der Bundesregierung finanziert«, freut sich

Professor Holger Hanselka, Leiter des LBF und Koordinator der Fraunhofer-Systemforschung Elektromobilität. »Wir können hier sowohl Kleinwagen als auch elektrisch angetriebene Transporter und Busse mit bis zu sechs Tonnen Gewicht testen, die künftig verstärkt in Innenstädten eingesetzt werden. Hersteller und Zulieferer für Elektro- und Hybridfahrzeuge können bei uns ihre Produkte erproben, beispielsweise ihre neuen Bauteile für Elektroantriebe«, Projektleiter Erich Lücker. Denn das Gesamtkonzept des Fahrzeugs muss neu ausgelegt werden. Die Batterien sind schwer, daher müssen größere Massen bewegt werden. Er ergänzt: »Auf der Basis der erhobenen Daten entwickeln wir auch neue Prüfstandards.«

Wie hat das Fahrzeug die Tortur überstanden? Welche Bauteile oder Konstruktionen können weiter verbessert werden? Die Wissenschaftler werten nun am Rechner die Daten aus und formulieren Empfehlungen an den Hersteller, damit die Limousine zuverlässig rollt und rollt. ■

Blick in die Zukunft

Wie verändern die Anstrengungen, die Erderwärmung auf zwei Grad zu begrenzen, die Wirtschaft und den Arbeitsmarkt in Europa bis zum Jahr 2050? Eine neue Studie liefert Antworten.

Text: Klaus Jacob



Aktion CO₂-Wegblasen: Demonstration für die drastische Reduzierung von Kohlendioxid anlässlich des Klimagipfels der Vereinten Nationen in Kopenhagen.
© ecopix/Friedel

Internationale Klimakonferenzen verlaufen meist ausgesprochen zäh, wie sich zuletzt in Kopenhagen gezeigt hat. Im Ringen der Politiker um Reduktionsziele und Prozentpunkte geht unter, dass hinter den Zahlen harte wissenschaftliche Arbeit steckt. Ein Heer von Experten arbeitet den Verhandlungspartnern zu, damit mögliche Zusagen nicht im luftleeren Raum stehen. Unter der Leitung des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe ist ein besonders kniffliges Gutachten entstanden. Im Auftrag der Europäischen Kommission haben ISI-Mitarbeiter zusammen mit Fachleuten verschiedener Institute und Länder weit in die Zukunft geschaut – bis ins Jahr 2050. Was muss Europa bis dahin tun, um die Erwärmung der Erde auf zwei Grad zu begrenzen? Welche Auswirkungen

haben die Anstrengungen auf die Wirtschaft und den Arbeitsmarkt der einzelnen Länder? Die Studie trägt den Titel: »ADAM 2-degree scenario for Europe – policies and impacts«.

Wissenschaftler und Politiker sind sich inzwischen darüber einig, dass die globale Erwärmung zwei Grad nicht übersteigen sollte, um die Auswirkungen auf die Menschen in erträglichen Grenzen zu halten. Als Richtwert gilt dabei die Temperatur vor der Industrialisierung. Konsens besteht auch darin, dass die Industriestaaten als Hauptverursacher ihre Treibhausgas-Emissionen weit stärker verringern müssen als die Entwicklungs- und Schwellenländer. Im Gespräch ist für sie ein Reduktionsziel von 80 Prozent bis 2050 gegenüber dem Basisjahr 1990. Dass Europa

diese hohe Hürde durchaus überspringen kann, ohne wirtschaftlich zu leiden, hat die ISI-Studie nun gezeigt.

80 Prozent weniger Treibhausgase bis 2050 ließen sich erreichen

Es war ein langer Weg, bis das 400-Seiten-Papier auf dem Tisch lag. Denn Prognosen, die weit in die Zukunft reichen, ähneln einem Gleichungssystem mit vielen Unbekannten. Besonders schwierig war es, die verschiedenen Modelle, auf der die Studie aufbaut, zusammenzuführen. »Ein Modellverbund für alle 27 Länder musste geschaffen werden«, erklärt ISI-Projektleiter Wolfgang Schade. Die vorhandenen Modelle befassen sich jeweils mit einzelnen Sparten wie



verschwendet. »Man kann überall sparen«, sagt Schade, »etwa durch eine bessere Wärmedämmung der Gebäude, gesteigerte Materialeffizienz oder durch Elektrogeräte, die weniger Strom benötigen.« Wichtig sei auch, so die Studie, dass die Verursacher für ihre klimaschädlichen Emissionen bezahlen müssen. Kohlendioxid muss einen angemessenen Preis haben, um den Druck für Veränderungen zu erhöhen. Außerdem müssen Labels, Normen und Standards für Produkte mit niedrigem CO₂-Ausstoß her, um deren Markteinführung zu beschleunigen. Und nicht zuletzt sollte die Politik erhebliche Mittel in die Forschung investieren, damit neue klimaschonende Technologien entstehen und ihren Weg in den Markt finden.

Größter CO₂-Emittent ist derzeit der Energiesektor, der rund die Hälfte aller Treibhausgase verursacht. Hier gibt es mit 90 Prozent auch das höchste Einsparpotenzial. Die Kohle wird in diesem Szenario ihre zentrale Rolle unter den Energieträgern einbüßen. Dagegen könnten erneuerbare Energien in 40 Jahren bereits 75 Prozent des Stroms in Europa liefern. Vor allem der Windkraft attestieren die Experten einen weiteren gewaltigen Aufschwung. Wenn zudem die Maßnahmen des Energiesparens greifen, könnte Europa auf den Ausbau der umstrittenen Kernkraft ebenso verzichten wie auf die Speicherung von abgeschiedenem Kohlendioxid aus der Energieerzeugung im Erdinneren – und dennoch seine Klimaziele erreichen.

Große Probleme bereitet der Verkehr, der in Zukunft am meisten Kohlendioxid emittieren wird. Sein Anteil an den ausgestoßenen Treibhausgasen wird in Europa bis 2050 voraussichtlich von einem Viertel auf rund die Hälfte steigen. Dennoch schlummern auch hier große Einsparmöglichkeiten: In absoluten Zahlen könnte der Ausstoß an Kohlendioxid gegenüber heute um 62 Prozent zurückgehen, wenn verstärkt alternative Antriebskonzepte genutzt werden. Das setzt voraus, dass die Batterietechniker bald einen Durchbruch erzielen. In vierzig Jahren könnte fast jedes vierte Auto mit Strom fahren. Auch der Brennstoffzellen-Antrieb sollte sich bis dahin auf dem Markt durchgesetzt haben und Biokraftstoffe einen erheblichen Anteil im Luftverkehr und im schweren Güterverkehr decken.

Die großen Anstrengungen für den Klimaschutz beeinträchtigen die Volkswirtschaft wenig. Auch das ist ein Ergebnis der Studie. Die Ausgaben für den klimafreundlichen Wandel werden das Wachstum des Bruttoinlandprodukts kaum merklich bremsen. Die Dämpfung macht in vierzig Jahren zwischen 1,7 und 2,7 Prozent aus – statt um 85 Prozent wird das Bruttoinlandprodukt um rund 83 Prozent steigen. Zum Vergleich: Die Finanzkrise hat das Bruttoinlandprodukt um vier bis sechs Prozent gedrückt – und das innerhalb von weniger als zwei Jahren. Die leichte Bremswirkung lässt sich umso mehr verschmerzen, als das Nichtstun die Volkswirtschaften erheblich teurer käme. »Dann können die Folgekosten des Klimawandels ein Minus des Bruttoinlandprodukts von bis zu 20 Prozent zur Folge haben«, verweist Schade auf Studien von Sir Nicholas Stern, Professor an der London School of Economics, von 2007. Manche Länder werden von dem Wandel sogar profitieren. Dazu gehören osteuropäische Staaten mit Biomassepotenzialen, sowie Dänemark, Finnland, Norwegen und Schweden.

Auf dem Arbeitsmarkt machen sich die Anstrengungen für den Klimaschutz kaum bemerkbar: Die Veränderung der Beschäftigung schwankt je nach Szenario zwischen einer Reduktion um 0,3 Prozent und einer Erhöhung um 0,2 Prozent. Allerdings könnte es zu Umschichtungen kommen: Da weniger Energie gebraucht wird, bauen die Energieversorger voraussichtlich geringfügig Personal ab. Die Landwirtschaft profitiert dagegen, weil Biomasse als Energielieferant immer wichtiger wird. Auch die Industrie gehört zu den Nutznießern, denn der technologische Wandel erfordert viele neue Maschinen und Geräte.

In der Studie stecken zahlreiche Annahmen. Nicht alle werden eintreten, denn die Zukunft bietet viele Überraschungen. Das hat die Finanzkrise gezeigt. Auch auf technologischem Gebiet kann es in 40 Jahren Durchbrüche geben, an die heute noch niemand denkt. Mit den nötigen politischen Weichenstellungen kann Europas Beitrag gelingen, den Klimawandel aufzuhalten. ■

dem Verkehr, der Energieversorgung oder den privaten Haushalten. Weil nun aber ein umfassender Ausblick im Fokus stand, mussten die vielen gegenseitigen Abhängigkeiten eingearbeitet werden. Zum Beispiel führt eine Umstellung von Kohle- auf Wind- und Sonnenkraft unter anderem dazu, dass weniger Kohle transportiert wird und somit wiederum weniger Energie für den Transport nötig ist.

Das Fazit der Studie: Mit einem Bündel von Maßnahmen, die unverzüglich und zügig umgesetzt werden sollten, lässt sich das Reduktionsziel von 80 Prozent erreichen. Dafür sind große Anstrengungen vor allem beim Ausbau der erneuerbaren Energien sowie beim Energiesparen nötig. Noch immer wird viel Energie

Feinstaub und Co.

Fahrverbot bei Ozon oder Feinstaub? Fraunhofer-Forscher arbeiten jetzt an einem satellitenbasierten Immissionsmonitoring. Damit lässt sich exakt feststellen, wo und wie hoch die Schadstoffkonzentration ist. Schon bald könnte man so zeitnah auf kritische Werte reagieren.

Text: Isolde Rötzer

Reizthema Feinstaub: Die Anwohner großer Straßen leiden unter den Mikropartikeln. Sie wollen den Verkehr aussperren. Doch viele Pendler können oder wollen aufs Auto nicht verzichten. In puncto Feinstaubbelastung scheiden sich die Geister. Hier sind Umwelttechniker gefragt: Bei welchen Werten sollen welche Strecken in die Innenstädte gesperrt werden? Die Idee der Fraunhofer-Forscher: Mithilfe des Satellitensystems Galileo wollen sie ein aktuelles und flächendeckendes Immissionsmonitoring in Stadt und Land erreichen. Sie setzen auf die Verortung von Messdaten und Fahrzeugen mit Hilfe globaler Satellitennavigationssysteme (GNSS), zu denen neben GPS auch das europäische Galileo und das russische GLONASS zählen. In den Galileo-Labs werden derzeit die neuen GNSS-basierten Lokalisierungstechnologien zu verschiedenen Schwerpunkten entwickelt. Einer davon ist das Immissionsmonitoring, das unter der Federführung der Experten aus dem Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg entsteht. »Schon 2013 könnten speziell ausgestattete Pkws zeitnah und aktuell Schadgaskonzentrationen in einer Stadt messen«, sagt Galileo-Koodinator Werner Schönewolf vom Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK in Berlin. »Die Satellitenortung sorgt dafür, dass jeder Wert lokalisierbar wird. Der Vorteil: Mit dieser Art der Messung können bei Bedarf sofort Maßnahmen zur emissionsarmen Verkehrslenkung eingeleitet werden. Anwohner müssen nicht länger unter hohen Feinstaubwerten leiden. Außerdem lassen sich Umweltsünder schnell ermitteln.«

»Mithilfe der Galileo-Kartierung könnten Messwerte zuverlässig und genau lokalisierbar erhoben werden«, sagt Prof. Dr. Jürgen Wöllenstein, der das Projekt am IPM koordiniert. Zwar lassen sich auch heute – mit den stationären Containern – Schadgaswerte ermitteln. »Doch

je nachdem, wie oft und wo gemessen wird, können hohe Messwerte etwa bei Ozon in der Stadt durch weitere Messpunkte quasi ausgeglichen werden. Hier bei uns in Freiburg gibt es derzeit zwei Messcontainer: Einer steht mitten in der Stadt und einer draußen im Grünen«, beschreibt der Experte die aktuellen Messungen. Ein weiterer Container am Bahnhof verbessert die Situation nicht wesentlich. »Das sind alle Werte, die man für Freiburg hat. Die hier ermittelten Messwerte sind die Basis etwa für Fahrverbote bei Ozonalarm oder Feinstaub«, sagt Wöllenstein.

Die Messcontainer selbst, so der Experte, sind heute nicht das eigentliche Problem. Die Messgeräte sind neu, die Technik ist aufwändig und teuer. Problematisch sind die gesetzlichen Grundlagen für die Messungen, die aus den 70er Jahren stammen. »Sie sind leider immer noch auf die damaligen Messgeräte abgestimmt. So werden etwa halbstündliche Mittelwerte gebildet, teilweise – etwa bei Ozon – auch noch achtstündige Mittelwerte.« Am

Galileo-Labs

Damit interessierte Kunden die ersten Features der Fraunhofer-Forscher in der Praxis testen können, entstehen derzeit in fünf deutschen Städten Galileo-Labs – jeweils zu einem speziellen Thema:

- Berlin Lab Personenverkehr
- Dortmund Lab Güterverkehr
- Dresden Lab Sicherheit
- Erlangen Lab Lokalisierungstechnik
- Prien Testumgebung Berchtesgaden

 www.gnss.fraunhofer.de

Abgase und Feinstaub sind die wichtigsten Parameter, um die Luftqualität zu bewerten.
© Ute Grabowsky/photothek.net





Beispiel Ozon lässt sich deutlich zeigen, dass diese Basis kaum hilfreich ist. Der Ozonwert schwankt im Tagesverlauf, morgens sind die Werte in der Stadt niedrig, mittags hoch und abends wieder niedrig. In Reinluftgebieten auf dem Land kumuliert der Wert über Tage. Eine weitere Ungenauigkeit: Container bestimmen die Ozonbelastung nur punktuell. Ist etwa direkt neben dem Messpunkt die Luft mit Stickmonoxiden belastet, reagiert Ozon damit zu NO_2 . Lokal sinkt die messbare Ozonkonzentration. Doch nur 500 Meter entfernt von der Messstelle steigt die Ozonbelastung wieder deutlich an. Ein weiteres Relikt aus den 70ern: »In den Messvorschriften sind heute noch Schwefeldioxidmessungen vorgeschrieben, obwohl nach der Alphaentschwefelung der Kraftwerke kaum SO_2 anfällt. Das ist ein Relikt aus der Zeit, als wir mit dem sauren Regen konfrontiert waren. Heute lässt sich SO_2 kaum mehr messen«, erklärt der Wissenschaftler.

Das neue Konzept für ein Immissionsmonitoring sieht deshalb die flächendeckende Kartierung von Messwerten in Stadt und Land vor. Denn nur so können die tatsächlichen Werte ermittelt und in Warnungen umgesetzt werden. Dasselbe gilt für die Feinstaubbelastung: Auch hier brauchen die Experten Werte als Grundlage für gesetzliche Maßnahmen. Den Trend zu flächendeckenden Messungen gibt es auch in anderen Ländern – etwa in der Schweiz: Die ETH Zürich hat seit einiger Zeit mehrere Straßenbahnlinien mit modernster Umweltmesstechnik ausgestattet. An jeder Haltestelle werden quasi nebenbei die aktuellen Messwerte ermittelt. So erhalten die Wissenschaftler ein flächendeckendes Messprofil der Stadt.

Autos werden als mobile Messstationen eingesetzt

Doch das Beispiel ist nur bedingt übertragbar, meint Wöllenstein: »Nicht jede Stadt verfügt über ein Straßenbahnnetz.« Deshalb setzen die Freiburger Forscher auf Autos. Sie können für die Messung anhalten, das Satellitensignal ermittelt den jeweiligen Standort. Die Freiburger Forscher nutzen dazu eine Ortungstechnologie, die auf einem Empfänger basiert, den Kollegen aus dem Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen gebaut haben. Eine offene Basisplattform für Galileo-Anwendungen kombiniert die Umweltmessdaten mit den Lokalisierungsda-

ten auf einer eigens von den Berliner Kollegen entwickelten Hard- und Software, die die Kommunikation der Messdatenauswertung mit dem Empfänger und der Messtechnik garantiert. »So werden die Werte direkt übertragen und sind jederzeit nachvollziehbar«, sagt Wöllenstein. Weiterer Vorteil der Messflotte: Man kann den Messwagen auch einmal losschicken, wenn ein Anwohner Auffälligkeiten feststellt und von den Behörden eine Überprüfung erwartet, was nach neuem EU-Recht möglich ist. Zwar gibt es auch heute schon dafür einen speziellen Messwagen beim TÜV, doch der ist teuer. Die Vorsondierung könnte dabei helfen, Kosten zu sparen.

Sensoren bestimmen Feinstaub, Luftfeuchte und Temperatur

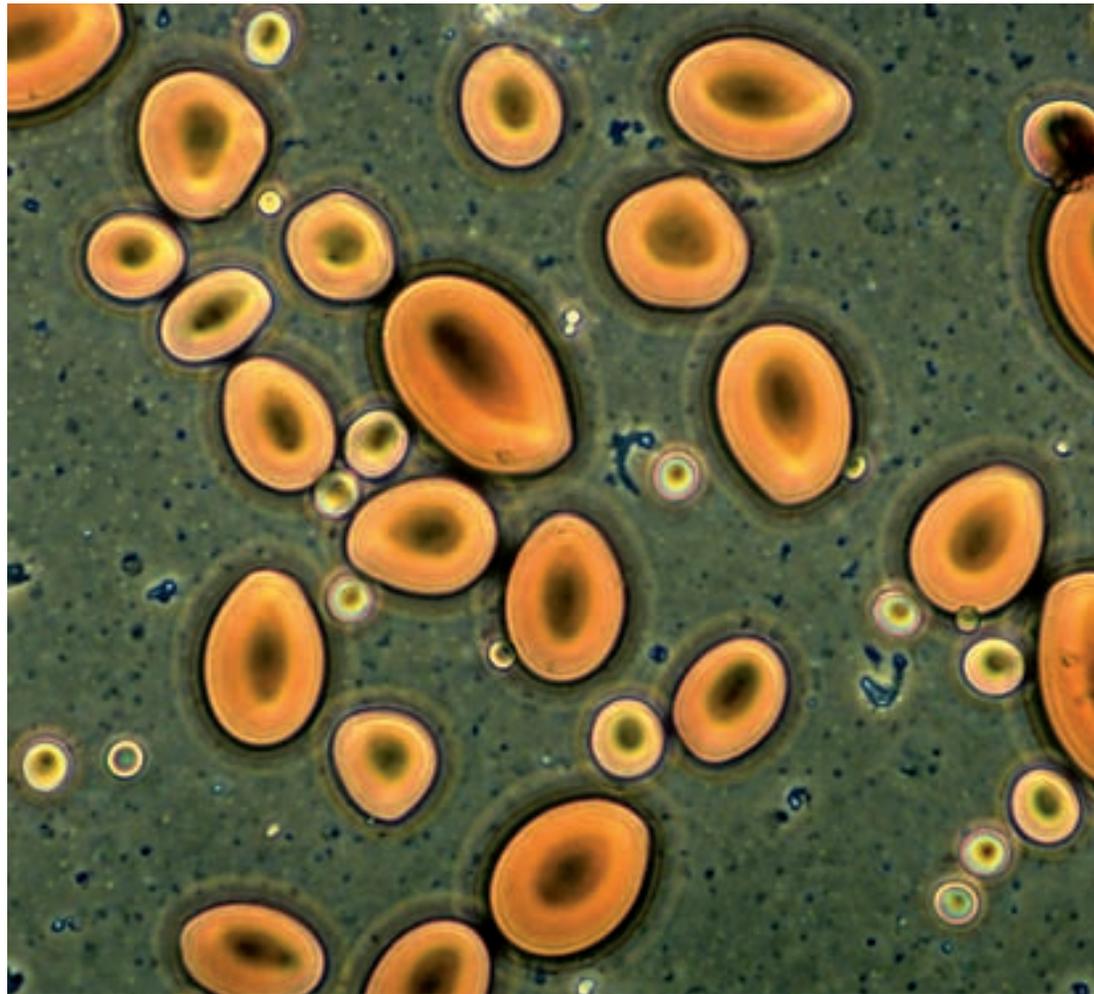
Derzeit statten die Fraunhofer-Forscher ihr erstes Fahrzeug mit der Messbox aus: Verschiedene Messensensoren und -systeme ermitteln neben Temperatur und Luftfeuchte Feinstaub bis PM_{10} , das sind Partikel bis zu einer Größe von 10 Mikrometern. Zusätzlich werden alle Gase, wie Kohlenmonoxid und Stickstoffdioxid, die aus dem Auspuff eines Fahrzeugs kommen, zusammen mit der Temperatur bestimmt. Daraus lässt sich auf Stickstoffmonoxid schließen, sowie Mercaptane, Amine, Ammoniak und Methan. Mit einer zeitlichen Auflösung von bis zu einer Sekunde werden die Messdaten und der Messort drahtlos einer mobilen graphischen Auswertung und einer Datenbank zugeführt, die eine digitale Umweltkarte des örtlichen Straßenverkehrsnetzes bereitstellt. Mit dieser feinauflösenden flächendeckenden Messtechnik lassen sich sehr genau die Wirkungen von verkehrlichen Lenkungsmaßnahmen nachweisen und optimieren, wodurch Grenzwertüberschreitungen nach EU-Luftqualitätsrecht bzw. Bundesimmissionschutzverordnung (BImSchV) gezielt bekämpft werden können.

Bis die ersten Fahrzeuge in der Praxis Dienst tun, wird es noch dauern. Im März stellten die Fraunhofer-Experten ihr Konzept bei der Europäischen Kommission vor. Und im Herbst laufen erste Feldversuche in Berchtesgaden. Hier hat die DLR für die Nutzer des Galileo-Signals ein Labor eingerichtet. Auf den Bergspitzen wurden Pseudosatelliten aufgebaut, damit die künftige Technologie auch live getestet werden kann. Der eigentliche Start für Galileo ist für das Jahr 2013 geplant. ■

Der Evolution auf die Sprünge helfen

Kartoffeln, die ausschließlich hochwertige Stärke enthalten, Sojapflanzen, die Dürre und Tomaten, die salzhaltige Böden vertragen - mit einem neuen Zuchtverfahren können Forscher Pflanzen mit erstaunlichen Eigenschaften kreieren. Gentechnik ist bei dieser Turbo-Evolution nicht im Spiel.

Text: Monika Weiner



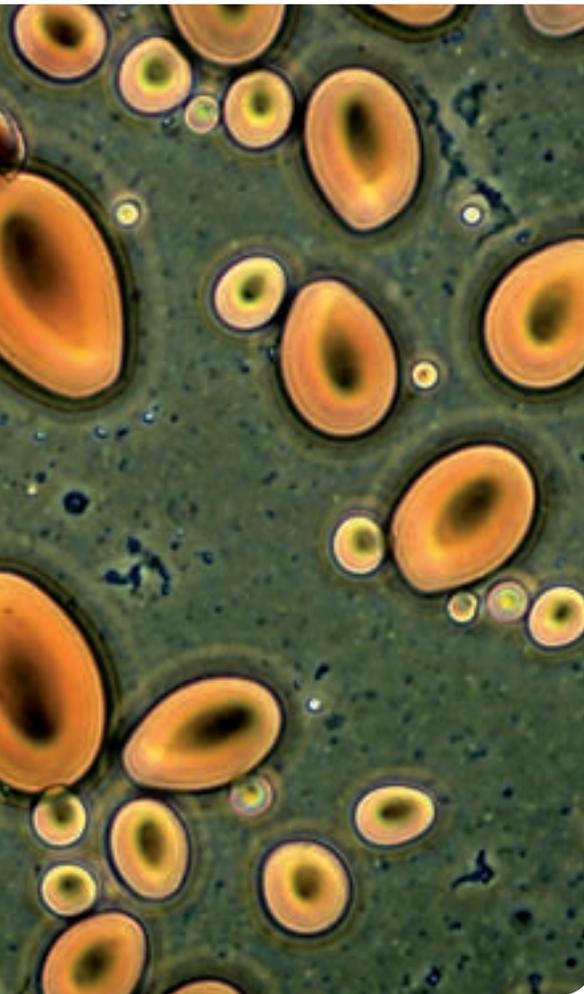
Die neue Turbo-Kartoffel, die hochreine Amylopektin-Stärke liefert, ist der Industrie willkommen: 500 000 Tonnen hochreine Amylopektin-Stärke werden jährlich benötigt (Foto links). © Fraunhofer IME

Es wird wärmer, da sind sich die Experten einig. Unsicher ist bisher, welche regionalen Folgen der globale Klimawandel haben wird: Wie weit steigt der Meeresspiegel in der Südsee? Wie stark dehnen sich die Wüsten in Afrika aus? Um wie viel Grad steigt in Mitteleuropa die durchschnittliche Sommertemperatur, um wie viel die Niederschlagsmenge? Während die Wissenschaftler versuchen, mit ausgetüftelten Simulationsprogrammen detaillierte Voraussagen zu machen, bekommen die Bauern die Auswirkungen des Klimawandels vielerorts schon zu spüren: Dürren oder Überschwemmungen mindern die Erträge und führen im Extremfall zum Ausfall der Ernte. Die bisher gängigen Getreide- oder

Gemüsesorten sind dem Klimastress oft nicht gewachsen.

Würde man der Natur ihren Lauf lassen, würden sich Pflanzen und Tiere den veränderten Bedingungen anpassen: Durch Mutation – darunter verstehen Biologen plötzlich auftretende Veränderungen im Erbgut – und natürliche Auswahl, die Selektion, entstehen seit Jahrmillionen immer neue Tier- und Pflanzenarten, die perfekt adaptiert sind an die gerade herrschenden Umweltbedingungen. Arten, die sich nicht anpassen können, sterben aus. Tatsächlich verdanken alle lebenden und bereits ausgestorbenen Arten – von der Alge bis zum Knorpel-





Die neue Kartoffelstärke unter dem Mikroskop: Hier wird sichtbar, dass die Züchtung nur eine Stärkeart enthält. Diese erscheint durch die Reaktion mit Jod orange.

© Fraunhofer IME

fisch, vom Dinosaurier bis zum Menschen – ihre Existenz diesem Zusammenspiel von Mutation und Selektion, kurz gesagt: der Evolution.

Doch der Evolutionsprozess ist langsam. Homo Sapiens – von Natur aus ungeduldig – hilft daher gern etwas nach. Bereits unsere Vorfahren, die vor rund 10 000 Jahren sesshaft wurden, domestizierten Wölfe und Hühner, sammelten wildes Getreide und suchten aus den Körnern die dicksten heraus, um sie im nächsten Jahr auszusäen – in der Hoffnung, dass dicke Samen auch dicke Ernte bringen. Die treuesten Hunde, kräftigsten Hühner und besten Getreidepflanzen wurden weitervermehrt. So entstanden

im Laufe der Generationen folgsame Wach- und Hütehunde, Hühner, die viele Eier legten, Maispflanzen mit süßen Kolben und Kartoffeln mit großen Knollen. Doch das war erst der Anfang. »Schon in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts begannen Züchter das Erbgut von Pflanzen gezielt zu verändern – durch radioaktive Strahlung oder durch chemische Mutation«, erklärt Prof. Dirk Prüfer vom Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME: »Im Prinzip funktionieren diese Züchtungsverfahren nicht anders als die natürliche Evolution. In der Natur löst das Sonnenlicht Veränderungen im Erbgut aus. Mit Chemie erreichen wir dasselbe – nur schneller: Durch die Behandlung mit Chemikalien werden einzelne Gene ausgeschaltet, man bekommt innerhalb kürzester Zeit eine Fülle von Mutationen.«

Diese Turbo-Evolution heißt Tilling – die Abkürzung für »Targeting Induced Local Lesions In Genoms«. Züchter verwenden die chemische Mutagenese bereits seit Jahrzehnten, um neue Pflanzensorten zu entwickeln. Bisher brauchten sie allerdings viel Zeit, um die gewünschte Mutation zu finden, denn dem behandelten Saatgut sieht man nicht an, was in ihm steckt: »Die Züchter mussten es auspflanzen und bis zum Ende der Vegetationsperiode warten. Erst nach der Ernte konnten sie erkennen, ob eine der Mutationen den gewünschten Erfolg hatte. Die meisten konnten dabei übrigens gar nicht entdeckt werden, weil man Merkmale nur dann sieht, wenn sie dominant sind«, so Dr. Jost Muth, der an der Entwicklung einer neuen Super-Kartoffel beteiligt war. Seinem Team ist es gelungen, im Labor und ohne lange Feldversuche den Samen aufzuspüren, der genau die vom Züchter gewünschten Eigenschaften besitzt.

Züchtung nach Maß – ein Gewinn für die Stärkeindustrie

Im Auftrag der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe in Gülzow, suchten die Fraunhofer-Forscher eine Kartoffel, deren Fruchtfleisch ausschließlich die hochwertige Stärke Amylopektin enthält. »Normalerweise produzieren Kartoffeln sowohl Amylopektin als auch Amylose. Die Industrie muss die beiden Stärkearten in einem energie- und kostenintensiven Verfahren voneinander trennen«, erklärt Muth. Eine reine

Amylopektin-Kartoffel wäre der Industrie daher hochwillkommen: 500 000 Tonnen der hochreinen Stärke werden jährlich benötigt – zum Glätten von Papier und Garnen, zum Herstellen von Kleister und Geliermitteln.

Tilling macht Kartoffeln fit – Gentechnik ist dafür nicht nötig

Um diese Super-Kartoffel zu finden, haben die IME-Wissenschaftler Blattproben von 2748 mutierten Keimlingen untersucht. Durch Analyse der Zellproben konnten sie schließlich den Samen identifizieren, dessen Erbgut ausschließlich für die Produktion von Amylopektin kodiert. Die Züchter vermehrten den wertvollen Sprössling weiter. Im Sommer 2009 konnten sie die neuen Kartoffeln erstmals im großen Maßstab kultivieren – 100 Tonnen wurden im Herbst geerntet. Diese werden jetzt bei der Emsland Group verarbeitet: »Weil Tilling-Kartoffeln ganz normale Züchtungen sind, die kein gentechnisch verändertes Material enthalten, lässt sich die neue Kartoffel wie gewohnt in den Fertigungslinien verarbeiten. Besondere Vorkehrungen sind nicht nötig«, berichtet Muth.

Das Beispiel zeigt, dass sich mit Züchtung viel erreichen lässt. Die Voraussetzung für klassische oder moderne Turbo-Züchtung ist jedoch, dass das Gen, das zur Ausprägung der gewünschten Eigenschaft führt, in der Pflanze vorhanden und bekannt ist – wie beispielsweise das Gen für die Produktion von Amylose in Kartoffeln. Amerikanische Züchter arbeiten derzeit an dürreresistenten Sojabohnen, in den Niederlanden untersuchen Wissenschaftler das Erbgut von getillten Tomatenpflanzen – ihr Ziel ist es, Pflanzen zu entwickeln, die auch auf versalzten Böden gedeihen. Die neuen Arten sollen den Bauern in Zukunft helfen, weitere Anbauflächen zu erschließen oder ihre Felder – auch wenn das Klima sich ändert – weiterbebauen zu können.

»Eins ist jedoch klar«, resümiert Prüfer: Tilling wird und kann die Gentechnik in vielen Fällen nicht ersetzen. Wenn wir fremde Gene in die Pflanze einschleusen wollen, um beispielsweise Tabakpflanzen dazu zu bekommen, pharmakologische Wirkstoffe zu produzieren, ist es unumgänglich und sinnvoll, gentechnische Verfahren zu benutzen. Im Umgang mit Genen gilt dann: Soviel Veränderung wie nötig, aber so wenig wie möglich.« ■

Gesünder mit Lupine

Lupinen schmücken Gärten mit ihren Blüten und bereichern Äcker mit organischem Stickstoff. Doch damit nicht genug: Die Samen der Hülsenfrüchte sind reich an gesundheitsfördernden Proteinen und Ballaststoffen. Entsprechend aufbereitet, eignen sie sich als Food Ingredients zur Herstellung hochwertiger Lebensmittel.

Text: Monika Offenberger

Der Samen aus Lupinen ist ernährungsphysiologisch wertvoll. © FAN/Eisele-Hein



»Ich meinerseits glaube auch, wenn es dem Bauern an allem anderen fehlt, dann gibt es immer noch die stets anwendbare Hilfe der Lupine.« Was der römische Gelehrte Columella vor 2000 Jahren über die landwirtschaftliche Bedeutung der Hülsenfrucht niederschrieb, verweist auf eine im Altertum weithin verbreitete Praxis: Im antiken Griechenland und Italien wurden Lupinen als Gründüngung genutzt und fanden zudem Verwendung als Viehfutter und Arzneimittel. Auch auf der Südhalbkugel wusste man die Pflanze schon früh zu schätzen. So war die in den Anden heimische Lupine ein wichtiges Grundnahrungsmittel der Inkas. Allerdings enthielten diese ursprünglichen Lupinen erhebliche Mengen an giftigen Bitterstoffen – was ihre Verwertung als Lebensmittel stark einschränkte.

Moderne Süßlupinensorten enthalten dagegen nur 0,1 Prozent Bitterstoffe. »Und selbst von diesem extrem geringen Restanteil können wir nochmal mehr als 90 Prozent entfernen«, sagt Dr. Katrin Hasenkopf vom Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV in Freising. Die Abtrennung störender Inhalts-

und Geschmacksstoffe ist jedoch nur eine von vielen Aufgaben, für die am IVV geeignete Verarbeitungstechniken entwickelt werden. Im Vordergrund steht die schonende Gewinnung ernährungsphysiologisch hochwertiger Komponenten wie funktioneller Proteinisolate und Ballaststoffkonzentrate. Von letzteren könnten insbesondere jene Verbraucher profitieren, die herkömmliche Ballaststoffquellen – sprich: Vollkornprodukte – weniger gerne mögen. Denn die Fasern der Hülsenfrüchte sind nicht so rau und trocken wie Getreidefasern und erzeugen ein angenehmes Mundgefühl.

Proteine schonend extrahieren und aufbereiten

»Anfangs haben wir uns vor allem für die Proteine interessiert. Wir wollten sie für unterschiedliche Lebensmittelrezepturen nutzbar machen«, erinnert sich Hasenkopf. Durch spezielle Extraktions- und Filtrationsverfahren, eine möglichst schonende Trocknung oder auch durch Modifizierungen – etwa durch die kontrollierte enzymatische Spaltung der Proteine oder deren Vernetzung – können die IVV-Forscher wichtige

Funktionen der Lupinenproteine wie Löslichkeit, emulgierende Eigenschaften oder Schaumbildung gezielt beeinflussen.

Dieses »Maßschneidern« von Lupinenproteinen eröffnet ein außergewöhnlich breites Anwendungspotenzial für die Lebensmittelherstellung: In Rührkuchen, Biskuits und Waffeln sowie in mayonnaise- und dressingartigen Feinkostprodukten können die pflanzlichen Proteinisolate Vollei oder Eigelb ganz oder teilweise ersetzen. Zur Herstellung von Schaumzuckerwaren, wie Marshmallows, Waffel- und Pralinenfüllungen, sowie in Creme-Schaumspeisen, Quark- und Joghurt-Desserts eignen sie sich als Aufschlagmittel anstelle von Eiweiß. Und auch in Koch- und Brühwürsten lässt sich damit ohne Einbußen bei Geschmack, Geruch und Aussehen der Anteil an tierischem Eiweiß senken.

Isolierte Lupinenproteine besitzen nicht nur hervorragende technologische Eigenschaften, sie sind auch geschmacksneutral und zudem meist günstiger als die Proteine aus tierischer Herkunft. Zu dieser langen Positivliste kommt ein weiterer Pluspunkt, der die Hülsenfrüchte als



© Fraunhofer IVV

Rohstoff für Lebensmittel zunehmend interessant macht: Sie senken den Cholesterinspiegel und eignen sich somit zur Prävention von Gefäßerkrankungen – so das Ergebnis einer vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Forschungskoooperation zwischen dem IVV und der Universität Halle-Wittenberg. »Unsere Partner in Halle konnten zeigen, dass Lupinenprotein die Konzentration der unerwünschten Triglyceride und des LDL-Cholesterins im Blut von Ratten senkt, während das aus medizinischer Sicht erwünschte HDL-Cholesterin unverändert bleibt«, erklärt Hasenkopf.

Positive Wirkung bei erhöhten Blutfettwerten

Ähnlich positive Effekte auf das Verhältnis zwischen LDL- und HDL-Cholesterin hatte das Lupinenprotein auch bei Menschen mit leicht erhöhten Blutfettwerten, wie Gabriele Stangl, Professorin für Humanernährung an der Universität Halle-Wittenberg nachweisen konnte. Bei Männern beruhte diese Wirkung vor allem auf einer Senkung des LDL-Cholesterins, bei Frauen eher auf einer Erhöhung des HDL-

Cholesterins. Bei Mäusen, die aufgrund eines Gendefekts besonders anfällig gegenüber Artherosklerose sind, zeigte sich ein weiterer Effekt: Die Verkalkung der Blutgefäße schritt deutlich langsamer voran, wenn sie Lupinenprotein anstelle des tierischen Eiweißstoffes Casein zu fressen bekamen.

Aber nicht nur die Proteine aus Lupinensamen bewirken eine Senkung der Blutfettwerte, sondern auch die darin enthaltenen Ballaststoffe. Das belegt ein vom Bundesforschungsministerium (BMBF) gefördertes Verbundprojekt zur Funktionellen Ernährungsforschung, an dem neben dem IVV zahlreiche Lebensmittelhersteller und die Universität Jena beteiligt waren. Dazu betreute die Jenaer Ernährungswissenschaftlerin Anita Fechner eine klinische Studie an 60 älteren Männern und Frauen mit mäßig erhöhten Blutfettwerten, die sich jeweils vier Wochen lang – unterbrochen von einwöchigen Pausen – drei verschiedenen Diäten unterzogen. Die ausgewählten Lebensmittel – darunter Brühwürste und Aufschnitt, Gemüsebratlinge, Knäckebrot, Baguette sowie Tortellini mit verschiedenen Füllungen und Soßen – waren von

den Industriepartnern eigens hergestellt worden und enthielten entweder keine zusätzlichen Ballaststoffe oder solche aus Lupinen oder Zitrusfrüchten. »Die Studie belegt einen eindeutigen Zusammenhang zwischen der Faserquelle und dem Blutfettspiegel der Studienteilnehmer«, so Hasenkopf: »Wenn die Probanden Lupinenfasern gegessen hatten, waren geringere Mengen an den unerwünschten Triglyceriden und LDL-Cholesterin in ihrem Blut – und zwar auch signifikant weniger als nach einer Kontroll-Diät mit Zitrusfaser.«

Diese medizinisch bedeutsamen Zusammenhänge sollen nun in einem weiteren Forschungsprojekt mit den Universitäten Jena und Halle näher untersucht werden, so Hasenkopf: »Zunächst wollen wir den Mechanismus aufklären, der hinter dem cholesterinsenkenenden Effekt der Lupinenproteine steckt. Dazu werden wir am IVV die Proteinmischung weiter auftrennen, damit unsere Kooperationspartner die verschiedenen Fraktionen im Tiermodell testen können. Darüber hinaus werden proteinreiche Lebensmittel entwickelt, deren Wirksamkeit in einer klinischen Studie gezeigt werden soll.« ■

Das vollautomatische Labor

Im Bioproduktions-Labor in Stuttgart (BioPoLiS) arbeiten Ingenieure und Naturwissenschaftler gemeinsam daran, Arbeitsabläufe zu automatisieren.

Text: Klaus Jacob

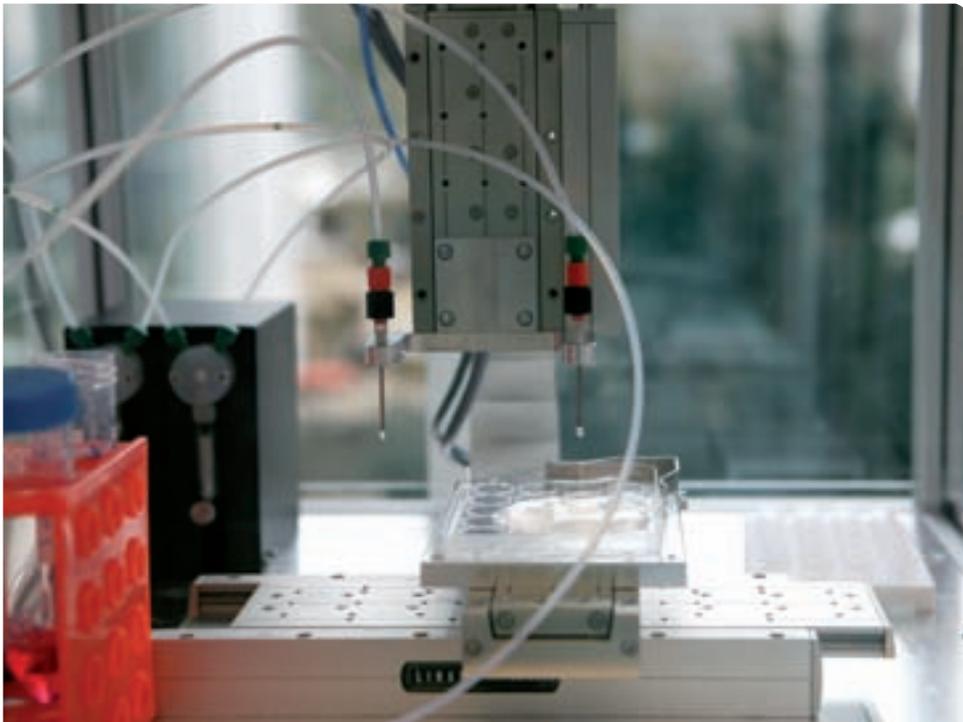
Ein neues Antibiotikum, eine faltenglättende Hautcreme, ein genetischer Fingerabdruck, künstliche Befruchtung, genveränderter Mais – immer sind Biotechnologen gefordert. Die Biotechnologie hat in den vergangenen Jahren rasant an Bedeutung gewonnen. Doch was die Automatisierung betrifft, geht es in ihren Labors manchmal noch recht hausbacken zu. »Da wird noch über offenem Feuer gekocht«, schmunzelt Jan Stallkamp, Abteilungsleiter am Stuttgarter Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Während bei der Fertigung von Autos oder Computern längst der Roboter zugreift, dominiert in den Labors noch die Handarbeit. Was in den Werkhallen einst der Schraubenschlüssel und die Konstruktionszeichnung waren, sind hier die Pipette

und das Laborbuch. Jetzt wollen zwei Dutzend Ingenieure und Biologen des IPA frischen Wind in die »Biolabs« bringen. Sie sind überzeugt, dass sich viele Vorgänge automatisieren lassen. Die Modernisierung würde nicht nur viel Zeit und Kosten sparen. Ein wesentlicher Vorteil von automatisierten Prozessen ist auch deren Reproduzierbarkeit, die genauere und vergleichbare Daten speziell im Labor ermöglicht.

Die Aufgabe ist nicht leicht, denn dabei müssen Ingenieure und Life-Science-Experten miteinander kooperieren. Die Vertreter von toter und lebender Materie stehen sich traditionell skeptisch gegenüber. Auch die Fraunhofer-Crew musste dazulernen, als sie vor wenigen Jahren zusammenfand. Zum Beispiel, »dass sich eine biologi-

sche Probe ganz anders verhält als ein Aluminiumwerkstück«, wie IPA-Gruppenleiter Andreas Traube, ein studierter Maschinenbauer, sagt. Er wunderte sich, dass die Schwierigkeiten schon damit anfangen, Zellen durch einen Schlauch zu pumpen. Denn dabei kann es passieren, dass nur ein Teil der Probe oder gar nichts am Ziel ankommt. Inzwischen ist Traube auch auf dem Gebiet der Biologie firm. Er und seine Mitstreiter packen ihre Aufgabe mit großem Enthusiasmus an. »In der Automatisierung stecken unglaublich viele Chancen«, schwärmt IPA-Projektleiter Tobias Brode. Er ist überzeugt: Ein Ingenieur, der den Laboranten über die Schultern schaut, könnte viele Arbeitsprozesse erheblich vereinfachen. »Auf diesem Terrain lassen sich noch viele Claims abstecken.«

Zellen werden automatisch kontrollierter unter das Kollagen gemischt. © Fraunhofer IPA



Um die Entwicklung und den Einsatz solcher Automationstechnologien für die Bioproduktion weiter zu forcieren und zu beschleunigen, wurde am IPA eine neuartige Infrastruktur geschaffen: das »Bioproduktions-Labor am IPA in Stuttgart (BioPoLiS)«. Diese Infrastruktur ermöglicht ein paralleles Arbeiten von Ingenieurwissenschaftlern und Naturwissenschaftlern. Das Bioproduktions-Labor am Fraunhofer IPA in Stuttgart (BioPoLiS) bietet eine Arbeitsumgebung, die biologisches Arbeiten unter Laborbedingungen ermöglicht und gleichzeitig an einem Ort die gesamte Infrastruktur für Ingenieure zur Entwicklung und Aufbau von Komponenten, Geräten oder ganzen Produktionssystemen zur Verfügung stellt. Damit ist es möglich, ein simultaneous engineering, sprich eine Entwicklung Seite an Seite mit den Anwendern, durchzuführen und das Risiko einer Fehlentwicklung wesentlich zu minimieren.

Ein gutes Beispiel dafür, dass auch etablierte Gerätekonzepte noch verbessert werden können ist »i-doT« – Immediate Drop on Demand Technology. Im BioPoLiS wird dieses Verfahren, das den Umgang mit Flüssigkeiten enorm erleichtert, derzeit von Herrn Traube und Herrn Brode

getestet. Mit Pipetten haben Laboranten täglich zu tun. Um die Wirkung einer einzigen Substanz auszuloten, müssen sie oft unzählige Verbindungen miteinander mischen. In Screening-Labors, wo Pharmafirmen neue Wirkstoffe untersuchen, kommen Tag für Tag Hunderttausende Tests zusammen. Das Werkzeug dafür ist die Pipette, die von Hand oder von einem Automaten bedient wird. Mit ihr lassen sich die Flüssigkeiten tröpfchenweise von einer Mikrotiterplatte auf eine andere bringen. Eine Mikrotiterplatte ist ein standardisierter Probenbehälter von der Größe einer Postkarte mit einer festgelegten Zahl, – beispielsweise 384 – Nöpfchen, den »Wells«. Obwohl für einen Test sehr geringe Mengen der Biosubstanzen ausreichen, muss die verschmutzte Pipettenspitze anschließend weggeworfen werden. Die wenigen Cent, die das jedes Mal kostet, summieren sich schnell zu einem stattlichen Betrag

Am Anfang steht das Kunsthaut-Projekt.

Traube und Brode haben einen eleganteren Weg gefunden: Sie blasen die Tröpfchen mit Druckluft aus den Wells. Möglich macht das ein hauchdünnes Loch im Boden, nicht dicker als ein menschliches Haar. Die Kapillarkräfte verhindern, dass schon vorher Flüssigkeit austritt. Erst der Druckluftimpuls lässt einen winzigen Tropfen von nur wenigen Milliardenstel Liter passieren. Die Düse, mit einem speziellen Schnellschaltventil druckdicht angekoppelt, kann 400 Tröpfchen pro Sekunde herausblasen. Die Zahl der Tröpfchen bestimmt die gewünschte Flüssigkeitsmenge – und das sehr genau. Der Dosierfehler liegt unter 3 Prozent, und sie soll, so Brode, »noch deutlich sinken«. Mit der Pipette beträgt der Fehler in diesem Volumenbereich zwischen 5 und 8 Prozent. Der größte Vorteil des innovativen Geräts: Es arbeitet ungeheuer schnell. In weniger als einer halben Minute hat es die 384 Wells einer Mikrotiterplatte abgearbeitet und Proben der Substanzen in beliebige Wells einer darunter liegenden zweiten Platte gefüllt. Seine Arbeitsweise erinnert mehr an einen Tintenstrahldrucker als an herkömmliche Pipettierapparate.

»Die industriellen Anwender sind begeistert«, sagt Brode. Allerdings wollen sie erst zugreifen, wenn sie genau wissen, dass die i-doT auch für die sensiblen biologischen Prozesse funktioniert. Da schwingt das Misstrauen der Biologen

gegenüber den Technikern mit. Um dieses Ressentiment auszuräumen, greift die IPA-Crew seit November auf das BioPoLiS zu, wo es die eigenen Ideen selbst in der Praxis testen kann. Hier stehen auch Teile der neuen Hautfabrik, die im Herbst komplett installiert sein soll. Mit dem Kunsthaut-Projekt, einer Domäne von Prof. Heike Walles vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart, hat die IPA-Gruppe überhaupt erst ihre Arbeit gestartet. Vier Fraunhofer-Institute hatten sich dafür zusammengeschlossen.

Die Nachfrage nach künstlicher Haut ist enorm, denn Untersuchungen mit Zellen oder Gewebestücken ersetzen zunehmend die umstrittenen Tierversuche. Wer Substanzen untersuchen will, die mit der Haut in Berührung kommen, ist auf »Hautmodelle« aus dem Labor angewiesen. »Man braucht Millionen Modelle«, sagt IPA-Biotechnologe Christian Reis. Bisher werden die Gewebestückchen in Handarbeit hergestellt. Mit erheblichen Nachteilen: Die Manufaktur-Methode ist teuer, zeitaufwendig und erzeugt viel Ausschuss. Jedes Produkt, das dabei herauskommt, ist letztlich ein Unikat, das fehlerhaft sein kann. Die Fraunhofer-Gruppe hat jetzt die weltweit erste Anlage entwickelt, die Gewebe vollautomatisch herstellt. Da gleicht ein »Werkstück« dem anderen. Und vor allem: Die Kosten pro Hautmodell, so Traube, sinken dadurch von rund 200 auf 35 Euro. Kein Wunder, dass die Industrie hellhörig wird: »Große Unternehmen stehen schon auf der Schwelle«, sagt Traube. Allerdings muss auch hier zunächst ein Testlauf im eigenen Labor beweisen, dass die automatische Produktion tatsächlich reibungslos funktioniert.

Bei der Entwicklung der Hautfabrik hat eine weitere Errungenschaft aus den IPA-Reihen geholfen: die Technologieplattform »m:Pal« (Modular Process Automation Laboratory). Dahinter steckt die Idee, die vielen Einzelgeräte, die in den Labors stehen, miteinander zu vernetzen. So lassen sie sich, je nach Anforderung, problemlos immer wieder neu zusammensetzen. Dieser modulare Aufbau, zentral gesteuert, macht jedes Labor sehr flexibel und vielseitig. Doch damit ist die Palette der Innovationen aus der Stuttgarter Ideenschmiede noch nicht zu Ende. Die IPA-Gruppe hat in den wenigen Jahren ihres Bestehens bereits viel Know-how angesammelt. Kosmetikproduzenten, Pharmafirmen und andere Laborbetreiber müssen nur noch zugreifen. ■

CCD Line Scan Cameras

512 to 12000 pixels, monochrome and color
CCD line scan cameras with modular interface concept

Analog: RS422
Digital: LVDS
CameraLink
USB 2.0

GIG™

color TDI monochrome

Spectral range

Made in Germany

Machine Vision Components

Laser Line-, Micro Focus- and Laser Pattern Generators

Beam Profile

Wavelength 635 – 980 nm (optional 405 nm and 1550 nm) • Line width > 0.008mm
• Laser lines with homogeneous intensity distribution and constant line width

Made in Germany

Application Example: CCD Line Scan Camera Large Area Scan Macroscope

Innovative development in glaciology for the investigation of the microstructure of polar ice cores

- 41 mm field of view
- 5 µm resolution
- 3 µm limit of detection for grain boundaries
- 36mm/s scanning velocity

Special development for:

AWI

Alfred-Wegener-Institute for Polar and Maritim Research

Made in Germany

Laser Sources and Fiber Optics for machine vision and scientific applications

- A Laser beam coupler 60SMS-1-4...
- B Laser beam sources
- C Adapter 60A19.5-F-S
- D PMC-... polarization maintaining fiber cables for 350 - 1700 nm

Made in Germany

Ich glotz 3-D-TV

In diesem Jahr sollen 3-D-Kino und 3-D-TV den Durchbruch schaffen. Fraunhofer-Forscher arbeiten an Technologien und Standards, um diese Entwicklung zu beschleunigen.

Text: Stefanie Heyduck

Erbittert kämpfen Stürmer und Verteidiger um den Ball. Plötzlich fällt der Angreifer im Strafraum. Strafstoß. Sorgfältig legt sich der Elfmeterschütze den Ball zurecht. Schnitt auf die Torkamera. Wie eine Kanonenkugel schießt das Leder über die Köpfe der Zuschauer hinweg, die sich erschrocken ducken. Nur, dass die Fußballfans nicht im Stadion sitzen, sondern vor dem 3-D-Fernseher, weit weg vom Trubel der Fußballweltmeisterschaft in Südafrika.

Das Jahr 2010 soll das Jahr werden, in dem Kino und Fernsehen den Sprung in die dritte Dimension schaffen. Blockbuster wie James Camerons »Avatar«, Pixars »Ice Age« und »Die Dinosaurier sind los« haben weltweit an den Kinokassen milliardenschwere Gewinne eingespielt. Dieser 3-D-Boom soll auch auf die TV-Branche überschwappen, ein Trend, der auf der Consumer Electronics Show in Las Vegas in diesem Jahr deutlich zu spüren war. Die Industrie ist euphorisch und kündigt bis zum Sommer die ersten serienreifen Fernseher an, die den Kinogenuss in die Wohnzimmer bringen wollen. Einige Spiele der Fußball-WM sollen bereits dreidimensional aufgezeichnet werden. Die Olympischen Sommerspiele 2012 plant die BBC vollständig in 3-D.

Hype hin oder her – bevor 3-D-Technik auf Kinoleinwand und Flimmerkiste zur Standardausrüstung gehören wird, gibt es noch einige Fragen zu klären. Zum Beispiel, wie lassen sich Aufnahmeverfahren und Nachbearbeitung optimieren und die Kosten dafür reduzieren? Camerons Sciene-Fiction-Abenteuer hat immerhin 250 Millionen US-Dollar verschlungen und vier Jahre Computerbearbeitung erfordert. Wie

kann man die Werkzeuge für die Postproduktion der Filme verbessern? Und die Gretchenfrage: mit oder ohne Brille?

Um diese Aufgaben zu bearbeiten, haben sich neun Partner aus Filmindustrie, Hochschule und Forschung in dem Konsortium »PRIME – Produktions- und Projektionstechniken für Immersive Medien« zusammengeschlossen. Gemeinsam entwickeln die Partner Geschäftsmodelle und Techniken für dreidimensionale Medien wie Kino, Fernsehen und Spiele. Die beteiligten Forschungspartner sind die KUK Filmproduktion GmbH, Loewe, Kinoton GmbH, DVS Digital Video Systems AG, Flying Eye, die Hochschule für Film und Fernsehen in Potsdam, die Universität Duisburg-Essen und die Fraunhofer-Institute für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen und für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut HHI in Berlin. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) fördert das Projekt.

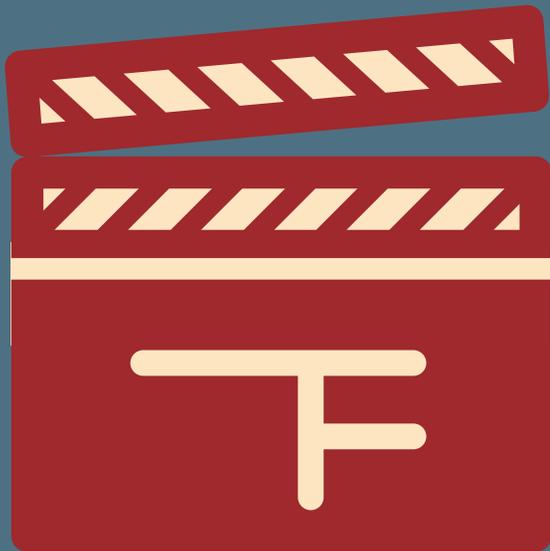
Ein beträchtlicher Aufwand

3-D-Filme stellen höhere Anforderungen als zweidimensionale, da für eine räumliche Darstellung immer zwei Bilder benötigt werden. Das liegt in der Natur des räumlichen Sehens. Das Gehirn braucht zwei Bilder aus leicht unterschiedlichen Perspektiven, um daraus den dreidimensionalen Eindruck entstehen zu lassen. Aus diesem Grund müssen mindestens zwei Kameras den Film aufnehmen und ein 3-D-Bildschirm zwei Bilder zeigen – ein Bild für das linke und ein Bild für das rechte Auge. Die Stereoskopie hat sich vom hölzernen Raumbetrachter zur Aufnahmetechnik für hochauflösendes

Was will der Zuschauer?

Die Hochschule für Film und Fernsehen Potsdam-Babelsberg hat im Forschungsprojekt »PRIME – Rezeption und Akzeptanz von 3-D« herausgefunden, was der Zuschauer will. So soll vermieden werden, dass die Technik am Menschen vorbei entwickelt wird. Im März des vergangenen Jahres wurden deshalb 1002 Personen im Alter zwischen 14 und 64 Jahren nach ihren Erfahrungen, ihrem Interesse, ihrer Akzeptanz und ihren Wünschen bezüglich 3-D-Medien befragt.

Und die Ergebnisse geben der Entwicklung Recht. Mehr als die Hälfte der Befragten interessieren sich für 3-D-Filme und dabei besonders für die Genres Dokumentation, Science-Fiction, Animationen, aber auch Sport und Konzerte. Dafür wären mehr als die Hälfte bereit, mehr Eintritt im Kino zu bezahlen. Die 3-D-Brille wird als notwendiges Übel akzeptiert. Besonders affin für das räumliche Kinoerlebnis ist eine jüngere Zielgruppe im Alter zwischen 14 und 29 Jahren.



Heimkino entwickelt. Dieses Verfahren verlangt von Kamera und Postproduktion höchste Präzision, denn pro Auge muss ein eigener Film produziert werden. Beim Schnitt und in der Nachbearbeitung müssen beide Streams exakt synchron verarbeitet werden. »Die kleinste Verschiebung oder Verkippung der Kameras wird auf der Leinwand sichtbar und kann sogar für Übelkeit sorgen«, erklärt Stephan Gick, Gruppenleiter Digitale Kamerasysteme am IIS.

Fürs Kino etwa wird eine Szene mit zwei synchronisierten MicroHDTV-Kameras vom IIS aufgenommen. Das Team um Stephan Gick hat dafür die Technologie so weiterentwickelt, dass beide zuverlässig Bilder für das rechte und linke Auge digital aufzeichnen. Stereo- oder Side-by-Side-Rigs, ein spezieller Kameraaufbau, simulieren den Abstand menschlicher Augen möglichst realistisch. Dass die Kameras bildsynchron aufnehmen, soll das Genlock-Verfahren garantieren. Hierbei »spielt« die eine Kamera den Master, den digitalen Anführer. Die zweite Kamera nimmt mit den exakt gleichen Einstellungen für Kalibrierung, Farbtreue und Geometrie auf.

Besonders für 3-D-Live-Übertragungen muss sich ein Filmteam auf diese Einstellungen verlassen können. Seit dem Fußballsommer 2006 in Deutschland sind Live-Übertragung und Public-Viewing nicht mehr wegzudenken. In vielen Metropolen der ganzen Welt konnten die Spiele von Millionen Menschen zur gleichen Zeit verfolgt werden.

Eine Unterstützung für die Aufnahme und Übertragung dreidimensionaler Daten in Echtzeit bietet STAN, der Stereoscopic

Analysen, den das HHI gemeinsam mit der KUK Filmproduktion entwickelt hat. Die Kombination aus Hard- und Software erfasst und analysiert Stereobilder so, dass diese in Echtzeit verarbeitet werden können. Eine Rückkopplungsschleife gibt die bei der Aufnahme berechneten Werte direkt an die Kamera weiter, so dass sich Fehler oder falsche Einstellungen in Echtzeit ermitteln und korrigieren lassen.

Das Sahnestückchen im PRIME-Projekt, wie Stephan Gick es nennt, ist jedoch der Bereich 3-D-Panorama, an dem ebenfalls die Kollegen vom HHI arbeiten. Die Forscher können bereits erste Ergebnisse in einem Showroom in Berlin vorführen. »180 Grad Panorama in drei Dimensionen. Das gab es bisher nicht.«

Ob also für Kino oder Fernsehen – die Arbeiten an der dritten Dimension laufen auf Hochtouren. Vom Erfolg ist Gick überzeugt, seine Prognose: »In diesem Jahr wird es definitiv losgehen. 3-D-Fernseher mit Shutterbrille und neue Blu-Ray-3-D-Player werden für das Heimkino erhältlich. Nur 3-D-TV kann noch dauern, da für die Übertragung der Signale bisher keine geeignete Infrastruktur steht.« Auch das 3-D-Vergnügen ohne Polarisations- oder Shutterbrille wird nach Aussage von Stephan Gick noch etwas dauern. »Entsprechende 3-D-Displays stehen zwar schon zur Verfügung, aber bisher nur mit eingeschränkter Qualität. Für die Zukunft ist die brillenlose Technik aber eine vielversprechende Alternative und wird Brillensysteme langfristig verdrängen, zumindest im Heimbereich.« Für den Fußballabend müssen wir uns also noch eine Weile mit Fan-Schal, Fahne und 3-D-Brille ausrüsten. ■



Kulturelles Erbe online

Ein paar Klicks, und schon kann man künftig vom heimischen Computer aus auf Kunstwerke, Literatur oder Film- und Tonaufnahmen in etwa 30 000 deutschen Museen und Sammlungen zugreifen. Die Deutsche Digitale Bibliothek soll es möglich machen.

Text: Tim Schröder



Die Deutsche Digitale Bibliothek (DDB) soll allen Menschen einen Online-Zugang zu Kunst, Kultur und wissenschaftlicher Information eröffnen.
© Hagen, Gerhard/arturimages

Michelangelos David-Statue ist wohl bekannt. Von ihr gibt es Hunderte von Fotografien – vor allem im Internet. Andere Kunstschätze sind weniger populär und fristen ein Aschenputtel-Dasein. Allein in deutschen Museen, Archiven und Bibliotheken schlummern wohl behütet Abermillionen von Büchern, Dokumenten und Kunstschätzen, die nicht in Ausstellungen und Lesesälen für die Öffentlichkeit zugänglich sind. Zwar haben Kultur- und Wissenschaftseinrichtungen damit begonnen, Teile ihrer Bestände zu digitalisieren, um sie im Internet einer breiten Öffentlichkeit zu präsentieren, doch ein Großteil bleibt in den Magazinen der Kulturstätten verborgen. Für Kunstinteressierte ist es deshalb oftmals ungeheuer schwierig, interessante Objekte aufzuspüren, geschweige denn sie auf dem heimischen Bildschirm zu betrachten oder zu studieren.

Genau das soll künftig eines der wohl anspruchsvollsten Kulturprojekte Deutschlands möglich machen – die Deutsche Digitale Bibliothek (DDB), an der derzeit Experten aus Forschungsinstitutionen, Stiftungen und von staatlichen Stellen arbeiten. Läuft alles nach Plan, wird ab dem Jahr 2011 Schritt für Schritt ein Werkzeug entstehen, mit dem man vom eigenen Computer aus auf Kunstwerke, Literatur oder Film- und Tonaufnahmen in rund 30 000 deutschen Museen und Sammlungen zugreifen kann. Ganz gleich, ob ein Geschichtslehrer nach Anschauungsmaterial für seine Schüler oder ein Geisteswissenschaftler nach Originalliteratur aus dem 30-jährigen Krieg sucht, der Nutzer wird sich die Objekte direkt auf seinen Bildschirm holen und damit arbeiten können. »Die DDB wird damit sehr viel mehr als ein gewöhnlicher Online-Katalog sein, der einem zwar verrät, wo sich ein Buch oder ein Kunstwerk befindet, aber keine weitere Information liefert«, sagt Thomas Tikwinski, Wirtschaftsinformatiker am Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS in Sankt Augustin, das im Dezember vom Beauftragten der Bundesregierung für Kultur und Medien mit der technischen Umsetzung der DDB betraut wurde.

Natürlich lässt sich mit Schlagworten in der DDB stöbern. Doch sie wird mehr können. Experten und Laien gleichermaßen sollen die DDB unter anderem als Internet-Forum nutzen, in dem man sich über Fachaspekte austauschen kann. Verschiedene Autoren werden Beiträge einstellen können, die ähnlich wie bei Online-Enzyklopädi- en von mehreren Nutzern geprüft und ergänzt werden. Tikwinski: »Damit soll sich ein reger Diskurs entwickeln, der durch das Wissen von

Laien, die gewöhnlich nicht in Fachzeitschriften veröffentlichen, sehr bereichert werden kann.« Die DDB selbst ist zwar keine kommerzielle Einrichtung, soll den Nutzer aber durchaus mit Drittanbietern verknüpfen – Verlagen zum Beispiel, die auf Wunsch des Kunden aus Gemälden von Caspar David Friedrich oder Otto Dix im DDB-Archiv einen individuellen Kunstband zusammenstellen.

Alltägliches Recherchewerkzeug

»Vieles ist denkbar«, sagt Tikwinski. »Die DDB soll einmal ein alltägliches Recherchewerkzeug sein, das man spielerisch forschend, zum üblichen Browsen oder für eine ganz gezielte Suche nutzen kann.« Momentan spezifizieren Tikwinski und seine Kollegen, was genau die DDB künftig bieten soll – und legen damit das technische Rüstzeug fest. »Wir werden dafür das Rad nicht neu erfinden, sondern wo immer möglich Softwaresysteme nutzen, die bereits entwickelt sind.« Die Herausforderung besteht darin, ein leistungsfähiges Gesamtsystem zu bauen, das künftig intelligent und in Sekundenschnelle auf etwa 350 Millionen digitalisierte Bücher, Schrift-dokumente, Musikstücke oder Gegenstände zugreifen soll.

Die IAIS-Forscher haben das DDB-Projekt in drei Module aufgeteilt. Modul 1 befasst sich mit dem Einspeisen von Daten ins digitale Archiv. In Modul 2 wird definiert, wie sich verschiedene Dienste – etwa die Angebote von Drittanbietern oder Chat-Funktionen – in die DDB einbinden lassen. In Modul 3 schließlich wird die eigentliche Website mit all ihren Eingabe-, Such- und Servicefunktionen entwickelt. »Am IAIS haben wir Experten zu all diesen verschiedenen Aspekten«, so Tikwinski, »das macht unser Know-how aus.« Die eigentlichen hochwertigen digitalen Werke werden nicht in der DDB gespeichert, sie bleiben in der Hoheit der Museen und Sammlungen. In einem DDB-Modul werden deshalb Methoden entwickelt, internettaugliche Kopien dieser digitalen Originale zu bündeln und zu organisieren. Auch die Integration von Drittanbietern wird derzeit vorbereitet.

Herzstück eines solchen digitalen Systems ist eine intelligente Suchfunktion, die zielsicher das Gewünschte aufspürt. Bislang finden Suchmaschinen Information im Internet anhand von Metadaten. Das sind Tabellen, die bestimmte Schlagworte wie etwa Namen oder Jahrestage enthalten – nebst dem Hinweis, wo die zugehörige Information zu finden ist. An der Verknüpfung zwischen diesen Metadatenätzen

aber hapert es heute noch. Komplexe Zusammenhänge wie »Wann und wo schrieb Friedrich Schiller sein Erstlingswerk?« verstehen gewöhnliche Suchmaschinen heute daher noch nicht wirklich. In der DDB sollen dafür neue Suchstrategien zum Einsatz kommen, die Metadaten virtuos miteinander verknüpfen können. Dabei werden Verfahren genutzt, die in den vergangenen Jahren im Forschungsprogramm »Theseus« entwickelt wurden, in dem deutsche Unternehmen, Wissenschaftler und auch die Fraunhofer-Gesellschaft gemeinsam an Methoden für eine effiziente Internetsuche in Text, Bild und Ton arbeiten.

»Die Ergebnisse aus Theseus zeigen, was bereits möglich ist.« So kann eine Computersoftware beispielsweise in Radiobeiträgen oder Hörbüchern automatisch Sprecher erkennen und weitere Dokumente vorschlagen, in denen der Sprecher mit der angenehmen Stimme zu hören ist. Andere Algorithmen erkennen in gesprochenen Texten automatisch bestimmte Worthäufungen und können dem Nutzer Werke mit ähnlichem Inhalt vorschlagen.

Auch mobil einsetzbar

Die IAIS-Forscher haben vor einiger Zeit in einer Studie ausgelotet, welche Anforderungen die DDB noch erfüllen könnte. So ist es denkbar, den DDB-Wissensspeicher mit einem Handy mit GPS-Ortungsfunktion zu verbinden. Wer mit dem Zug oder Auto durch Deutschland reist, kann die DDB-Funktion aktivieren, und schon liefert das Handy automatisch Informationen zu Sehenswürdigkeiten, die gerade in der Ferne vorbeiziehen.

Länder wie Frankreich oder die Niederlande haben bereits nationale digitale Bibliotheken etabliert. Zudem wurde vor kurzem die europäische Digital-Bibliothek »Europeana« freigeschaltet, in der man europaweit suchen und die »Mona Lisa« oder Mozarts Originalhandschrift seines Requiems finden kann. Mit der DDB steuert Deutschland künftig einen eindrucksvollen Beitrag zur Europeana bei, der derzeit einzigartig sein dürfte.

»Eine digitale Bibliothek mit so vielen Funktionen und zusätzlichen Services, wie sie für die DDB vorgesehen sind, ist mir bisher nicht bekannt«, sagt Tikwinski. Im kommenden Jahr soll die Infrastruktur der digitalen Bibliothek fertig sein. Danach werden dann Schritt für Schritt die Ausstellungen und Museen an das System angeschlossen. ■

Internet für fünf Milliarden Menschen

Abgelegene Dörfer in Sambia, Siedlungen auf griechischen Inseln oder kleine Orte in der argentinischen Pampa ans Internet anschließen ist keine leichte Aufgabe. In dem Projekt NET4DC entwickeln Fraunhofer-Forscher Technologien, die exakt an die Anforderungen in den jeweiligen Entwicklungsländern angepasst sind. Kürzlich haben die Experten den Ubuntu Campus, eine abgelegenen Siedlung des Dorfes Macha in Sambia, mit einer besseren Internetanbindung ausgestattet.

Text: Britta Danger

Regen ist wohl das Letzte, woran man im Zusammenhang mit Afrika denkt. Aber an diesem Novembertag legt er sich wie ein dichter Schleier über die Hügel und verwandelt den Boden in dicken, roten Schlamm – es ist Regenzeit in Sambia. Karl Jonas und Mathias Kretschmer vom Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS in Berlin warten in dem kleinen Dorf Macha geduldig, bis sich der Himmel wieder aufhellt. Dann fahren sie im Jeep auf der Lehmstraße in Richtung Ubuntu.

Auf zum nächsten Wasserturm, Sendemast oder anderen hochgelegenen Punkt. Hier wollen sie die hochleistenden Funkrouter installieren, die beiden Dörfer und das Gebiet zwischen ihnen mit drahtlosem Internet versorgen.

»Mit so einem Regen hatte ich überhaupt nicht gerechnet«, sagt Jonas. Eine von vielen Überraschungen, die Afrika für den promovierten Informatiker und seine Kollegen bereithält. Aber genau deswegen sind sie hier: um das

Land und die Menschen besser kennen zu lernen und ihre Bedürfnisse zu verstehen. »Vier bis fünf Milliarden Menschen sind nicht an das Internet angebunden«, sagt Jonas. »Vor allem in den Entwicklungs- und Schwellenländern.« Für sie wollen Forscher vom FOKUS maßgeschneiderte Kommunikationsnetze entwickeln. Denn oft gibt es hier weder Stromversorgung noch Infrastruktur und auch kein Personal, das die Schäden reparieren könnte, die in dem harschen Klima schnell entstehen. Das erfordert



Ländliche Regionen, wie das Dorf Macha im Südwesten Sambias, wollen Fraunhofer Forscher mit Kommunikationsnetzen ausstatten. alle Fotos © Fraunhofer FOKUS



Die Energieversorgung ist entscheidend: Noch laufen die Computer mit Strom aus dem Generator. Die Funknetze sollen künftig mit Solarenergie versorgt werden.

ganz neue Lösungsansätze, und gleichzeitig muss die Technologie für die Menschen dort erschwinglich sein. Dafür hat das FOKUS in diesem Januar das Zentrum Net4DC – Connecting The Unconnected offiziell eröffnet. DC, das steht für developing countries. Ziel des von Prof. Dr. Radu Popescu-Zeletin, Leiter des FOKUS, ins Leben gerufene Zentrums ist es, in ländliche Regionen in Schwellen- und Entwicklungsländern den Zugang zu globalen Kommunikations-Infrastrukturen und -Diensten zu eröffnen.

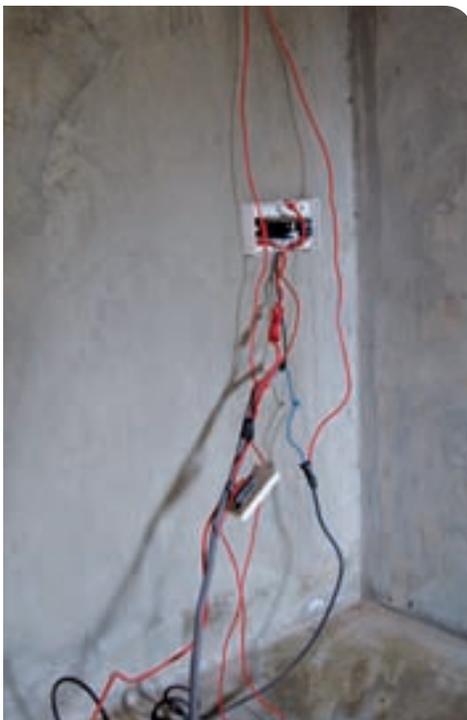
Die Menschen in Macha unterstützen Jonas. Sie leihen ihm ihr Werkzeug und haben Vorschläge für geeignete Routerstandorte. »Die Leute hier haben einen unglaublichen Enthusiasmus für das Internet«, sagt Jonas. Das Netz ermöglicht ihnen einerseits den Blick in die Welt, andererseits kann es die Lebensqualität an Ort und Stelle entscheidend verbessern. Die Health Center, die die Menschen medizinisch versorgen, haben oft nicht einmal ein Telefon. Braucht ein Patient ein bestimmtes Medikament, muss er einen halben Tag lang bis zur nächsten Station laufen. Oft nur, um festzustellen, dass es die

Medizin dort auch nicht gibt. Internet bedeutet aber auch, dass jeder seine Lebensplanung selbst in die Hand nehmen kann. »Hier in Macha, weitweg von der nächsten Stadt, studiert ein junger Mann via Internet an einer Universität in Südafrika«, erzählt Jonas. Der Erfindungsreichtum, mit dem die Menschen die Neuen Medien nutzen, hat ihn aber vielleicht noch mehr beeindruckt. Wie der Brotbestellservice per SMS. »Vorher musste der Bäcker viele Kilometer zu jedem einzelnen Kunden laufen, ohne zu wissen, ob dieser überhaupt Brot braucht«, erklärt Jonas das Prinzip. »Jetzt bekommt er eine SMS und spart sich die Zeit.« So entstehen Geschäftsmöglichkeiten, die man von Europa aus unmöglich vorhersehen kann.

Jonas und seine Kollegen haben die Satellitenverbindung des Malaria-Krankenhauses in Macha angezapft. Von dort wurden schon vorher die umliegenden Häuser per WLAN-Verbindung mit drahtlosem Internet versorgt. Die Fraunhofer-Experten haben die Verbindung mit leistungsstärkeren Funkroutern bis ins drei Kilometer entfernte Dorf Ubuntu erweitert, wo gerade eine Schule

gebaut wird. Satellitenstrecken sind in Afrika keine Seltenheit. Häufig werden sie von Entwicklungshilfeprojekten verwendet. »Solche Verbindungen kosten drei bis fünftausend Euro – pro Megabit und Monat«, sagt Jonas. Bei einer Minimalleistung von 64 Kilobit entstehen sehr schnell sehr hohe Kosten. »Allein das Krankenhaus in Macha gibt jährlich Zigtausend Dollar aus«, weiß Jonas. Und das, obwohl die Verbindung schlecht und die Datenrate niedrig ist. »Eine terrestrische Verbindung könnte die Hälfte der Kosten sparen und wieder für die Gesundheitsversorgung verfügbar machen«, sagt Jonas.

Auf einem alten Wasserturm hat das Team von Jonas einen weiteren Router installiert. Er blickt über das Gebiet, das bereits per WLAN versorgt wird. 25 Quadratkilometer Netzwerk sollen hier bis 2012 reibungslos funktionieren. So gut, dass es in allen Gegenden der Welt eingesetzt werden und beliebig ausgedehnt werden kann. Ein Netzwerk, das so intelligent ist, dass es alternative Strecken für ein Signal findet, wenn ein Router ausfällt und das so wenig Energie verbraucht, damit es mit Solarzellen betrieben wer-



Noch wird improvisiert: Eine abenteuerliche Verkabelung verbindet den Generator mit den Computern des Schulungszentrums.



Bereits angeschlossen: Im Forschungslabor des Krankenhauses in Macha recherchiert die Laborantin nach aktuellen Ergebnissen aus der internationalen Malariaforschung.



Kletterpartie: Schwindelfreiheit ist zwingende Voraussetzung für die Montage der Antennen.

den kann. »Die Energieversorgung war bisher ein zentrales Problem«, sagt Jonas. »Dabei sind die Bedingungen für Solarenergie in Afrika das ganze Jahr über ideal.« Dafür müssen die Router allerdings noch energieeffizienter arbeiten. Die Kommunikationstechniker von FOKUS prüfen Bit für Bit, wo überflüssige Aktivitäten eingespart werden können, die nur Energie verbrauchen, aber keinen zusätzlichen Nutzen bringen. Die Router sollen nur dann funken, wenn tatsächlich Daten übertragen werden, und nicht mehr, wie in Deutschland üblich, alle 100 Millisekunden nachfragen, ob beispielsweise ihre IP-Adresse noch gültig ist. Die Solarzellen sollen künftig fest in den Router integriert werden, damit sie nicht für private Zwecke entwendet werden können. »Die Zellen sollen am besten zerbrechen, wenn jemand versucht sie zu stehlen«, sagt Jonas.

Net4DC arbeitet mit Partnern in Südafrika und Holland zusammen. Außerdem kann das Zentrum auf die breit gefächerte Kompetenz der Fraunhofer-Gesellschaft zählen. Unter anderem arbeiten das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg und das Bremer Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in dem Projekt mit. Das ISE wird für besonders leistungsstarke Solarzellen sorgen, während

die Bremer die Zellen in den Router integrieren. Dass das Internet mit Solarenergie vorerst nur tagsüber funktionieren würde, sieht Jonas zunächst nicht als Manko. »Wenn wir zwölf Stunden am Tag eine zuverlässige Verbindung sicherstellen können, ist das schon ein großer Schritt.« In den meisten anderen Gegenden der Welt würde dieses Problem gar nicht erst entstehen. In Europa zum Beispiel gibt es fast überall ein Stromnetz. Denn auch in der westlichen Welt besteht Bedarf an kostengünstigen und robusten Funknetzen. In Portugal oder Rumänien beispielsweise, wo eine Verbindung per Kabel wegen der niedrigen Bevölkerungsdichte einfach zu teuer ist.

Aber erst einmal arbeiten die Kommunikationstechniker von Net4DC weiter daran, die Energieeffizienz der Router zu verbessern. »Wenn wir zwölf Prozent weniger Solarfläche brauchen, sinken die Gesamtkosten um fünf Prozent«, sagt Jonas. »So nähern wir uns Schritt für Schritt unserem Ziel.« 50 Prozent weniger Kosten für das Internet und die anderen 50 Prozent für das Krankenhaus. ■

 www.fraunhofer.de/audio:online ab 1. April 2010

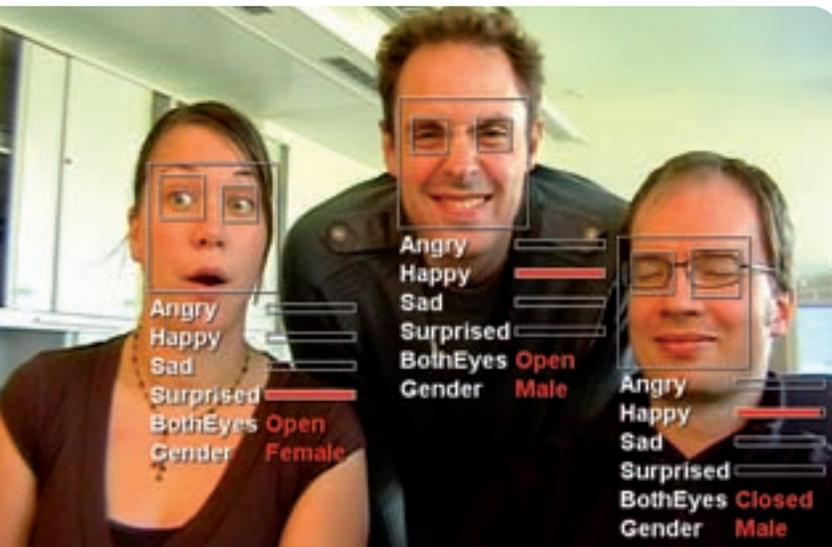
NET4DC

Medizinische Versorgung, Bildung oder die Teilnahme am wirtschaftlichen und politischen Leben sind für rund fünf Milliarden Menschen in sich entwickelnden und strukturschwachen Regionen häufig begrenzt. Ein Hindernis ist der fehlende Zugang zum Internet und zur regionalen Kommunikationsinfrastruktur. Um diese Regionen an das Internet anzubinden, hat das Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS »NET4DC« ins Leben rufen. Dieses internationale Zentrum für Informations- und Kommunikationstechnologien in Entwicklungsländern will gemeinsam mit Partnern aus den Zielregionen maßgeschneiderte IT-Infrastrukturen und Kommunikationsnetzwerke erarbeiten und bereitstellen.

»Die Förderung nachhaltiger Wirtschaftskonzepte ist eine globale Herausforderung. Wir sehen unseren Beitrag im Bereitstellen mobiler Kommunikationsanwendungen und dem Aufbau moderner IT-Infrastrukturen in Schwellen- und Entwicklungsländern«, betont Prof. Dr. Ulrich Buller, Forschungsvorstand der Fraunhofer-Gesellschaft. Die Fraunhofer-Experten bieten eine offene Plattform an: An Ort und Stelle sucht NET4DC die Kooperation mit etablierten Partnern wie Organisationen, Forschungseinrichtungen oder Unternehmen und führt die Expertise unterschiedlicher Akteure zusammen.

 www.net4dc.org

Schau mal, wer da guckt



Kommt die neue Werbekampagne gut an oder ist sie ein Flop? Wer Millionen für Werbung ausgibt, möchte wissen, dass sein Geld gut angelegt ist. Die Software Shore™ ermittelt schnell und sicher, wer eine Botschaft wie lange betrachtet. Da das System nicht nur das Geschlecht, sondern auch Alter und Stimmungen unterscheidet, ermöglicht es völlig neue Werbekonzepte.

Text: Isolde Rötzer

Hochkomplexe Algorithmen finden sofort die menschlichen Gesichter im Bild, und nehmen darüber hinaus die Mimik genau unter die Lupe.
© Fraunhofer IIS

Interessiert blickt die junge Frau auf die Videowand. Die neuen Styles gefallen ihr ausnehmend gut. Wenig später betrachtet ein älterer Mann die neue Herrenkollektion. Wie von Zauberhand erscheinen auf der Wand immer die für den Betrachter richtigen Outfits. Möglich macht das ein Produkt der Firma Visapix. People Attract® basiert auf der Mimikerkennung Shore™ aus dem Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen. Vor der Videowand des Modeunternehmens nimmt eine Kamera jeweils die Person auf, die vor dem Bildschirm steht. Die Spezialsoftware wertet das Bild in Echtzeit aus. Da das System weiß, ob ein Mann oder eine Frau vor dem Bildschirm steht und auch das ungefähre Alter der Person kennt, kann es die jeweils passenden Kollektionen einspielen. So wird die junge Frau schon jetzt über die aktuellen Frühjahrsfarben informiert. Auch ein Leihwagenvermieter hat erste Erfahrungen mit People Attract® gesammelt. »Da Frauen andere Autofarben und -marken mögen als Männer, lässt sich je nach Alter und Geschlecht auch hier das passende Fahrzeug anbieten«, sagt Engelbert vom Kolke, Geschäftsführer der Visapix GmbH. Das System kann Daten, die über Instore-Kameras oder digitale Displays vor Plakaten oder Regalen aufgenommen wurden, verarbeiten. Die Analysen lassen sich in Echtzeit per Webservice von einem zentralen Rechner abrufen.

Neu ist, die Software erkennt das Alter

In der Regel überprüfen Markt- und Werbeforschungsinstitute mit der neuen Technologie, ob die jeweilige Werbebotschaft bei den richtigen Kunden angekommen ist. Zentrale Fragen wie: Werden die passenden Zielgruppen angesprochen? Wie lange kann der Werbeträger die Aufmerksamkeit

halten? lassen sich so schnell und einfach beantworten. Eine Besonderheit ist das Erkennen von Alter und Emotionen: Shore™ kann unterscheiden, ob die Menschen beim Betrachten der Werbebotschaft ärgerlich, glücklich, traurig oder überrascht aussehen. Das bietet einen zusätzlichen Mehrwert etwa bei der Beurteilung des Erfolgs oder Misserfolgs einer Werbekampagne.

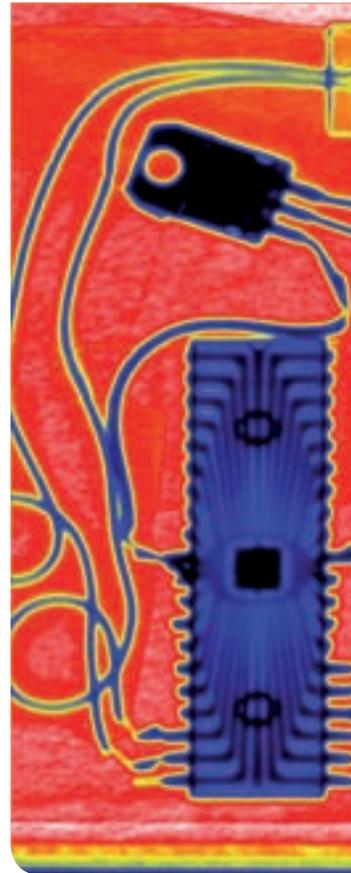
Entstanden ist Shore™ in den vergangenen zehn Jahren in den Laboren des IIS. »Eigentlich kamen wir aus dem Biometriebereich und haben das System zunächst für die Personenerkennung entwickelt. Im Anfangsstadium war das Auffinden von Gesichtern vor allem bei schlechtem Licht und unklarem Hintergrund schwierig«, erinnert sich Entwickler Christian Küblbeck. Seit etwa fünf Jahren können die Forscher auch bei schwierigen Bedingungen Gesichter und Mimik erkennen und zuordnen. Seitdem arbeiten sie am Feintuning. Relativ neu ist das Altersfeature. Damit die Software erkennen kann, wie alt das Gegenüber ist, wurde das System mit rund 30 000 Beispielbildern »gefüttert«. »Dabei haben wir die Gesichtseigenschaften per Hand analysiert. So erzielen wir eine optimale Analyse«, sagt Experte Küblbeck. »Shore steht als Bibliothek zur Verfügung, damit man die Software in eigenen Produkten problemlos integrieren kann.«

Seit rund einem Jahr haben die Erlanger Forscher in dem Berliner Unternehmen Visapix GmbH einen Partner für die Vermarktung des Systems gefunden. Visapix ist eine Ausgründung aus dem Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut HHI in Berlin und auf Videoanalyse spezialisiert. »Wir stellen unseren Kunden nicht nur die Hardware für die Analysen zur Verfügung, sondern liefern auch die Auswertung«, sagt vom Kolke. ■

Blick in die Tiefe

Sie sind langwelliger als Licht und kurzwelliger als Mikrowellenstrahlen: Terahertz-Strahlen spüren gezielt Materialfehler, Drogen und Sprengstoff auf. Sie eignen sich für die Qualitätskontrolle in der Produktion und auch für Sicherheitschecks – ohne dass dabei intime Details sichtbar würden.

Text: Bernd Müller



Die Szene könnte aus einem James-Bond-Film stammen: Der Forscher schiebt einer Schaufensterpuppe ein Scheibchen aus weißem, gepresstem Pulver unters Hemd. Die Puppe steht allein im Raum, kein Messgerät berührt sie. Dennoch liefert der Computer eine Minute später ein exaktes Analyseergebnis des Stoffs: Die zwei Meter vom Dummy entfernten Detektoren haben Acetylsalicylsäure gefunden, besser bekannt als Aspirin.

Tatsächlich spielt die Szene in Kaiserslautern, der Forscher heißt Joachim Jonuscheit und arbeitet am Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg. Sein Spezialgebiet: Terahertz-Messsysteme. Derzeit experimentiert er mit Aspirin und anderen chemischen Substanzen. In einigen Jahren soll die Apparatur Sprengstoffe und Drogen erkennen, die Schmuggler und Terroristen an Bord von Flugzeugen bringen wollen. »Die Testsubstanzen liefern eine Art Fingerabdruck, der dem von Drogen und Sprengstoff ähnlich ist«, erläutert Jonuscheit.

Der Fingerabdruck entsteht, wenn Terahertz-Strahlung auf eine Probe fällt. Die Strahlung lässt die Moleküle mit einem charakteristischen Muster schwingen. Dieses wird von einem Emp-

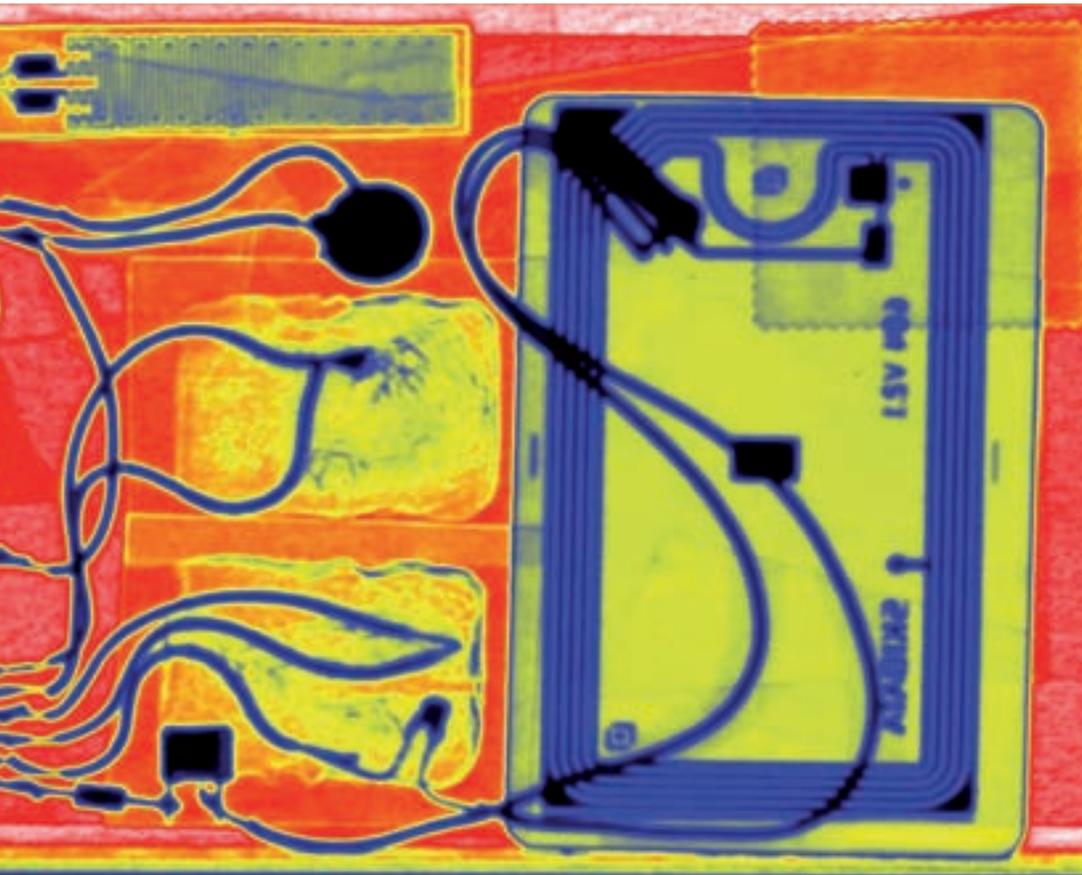
fänger gemessen und mit Mustern in einer Datenbank verglichen. Auf diese Weise lassen sich chemische Substanzen berührungslos aufspüren. Dies ermöglicht eine Vielzahl von Anwendungen. Das IPM in Freiburg hat daher schon 2005 eine eigene Projektgruppe in Kaiserslautern gegründet. Dort arbeiten heute 35 Mitarbeiter an der Weiterentwicklung der Technik.

Lange Zeit war der Frequenzbereich zwischen etwa 0,1 und 10 Terahertz Terra Incognita. Die Strahlung in diesem Bereich des elektromagnetischen Spektrums liegt im Frequenzbereich zwischen Mikrowellenstrahlung und sichtbarem Licht. Bis vor wenigen Jahren konnten die Ingenieure Terahertz-Strahlen nicht nutzen, denn es gab keine für industrielle Anwendungen geeignete Sender und Empfänger. Dabei hätte die Industrie Terahertz-Strahlen schon damals gern eingesetzt: Denn sie durchdringen Papier, Plastik, Textilien und Mauern. Heute lässt sich die reflektierte Strahlung messen und entlarvt zum Beispiel ein Messer unterm Mantel oder illegale Substanzen. Zudem kann man mit der Technik Materialien untersuchen.

Mit dem Fortschritt der Technik tauchten jedoch neue – moralische – Probleme auf: Terahertz-Ka-

meras, die an Flughäfen zum Einsatz kommen, um Waffen oder Sprengstoffpäckchen unter der Kleidung scharf abzubilden, bringen auch intime Details des menschlichen Körpers ans Tageslicht. An solchen »Nacktscannern« arbeiten die IPM-Forscher jedoch nicht: Sie entwickeln ein Modul, das die Terahertz-Kameras in die Lage versetzt, bestimmte Materialien wie Sprengstoff oder Drogen aufzuspüren – wie bei dem Dummy im Labor. Das Institut hat ein mobiles Terahertz-System entwickelt, das in Deutschland einzigartig ist; nur in den USA gibt es noch einen Hersteller mit einem ähnlichen Produkt: »Wir können unsere Apparatur in weniger als einer Stunde aufbauen und demonstrieren«, berichtet Jonuscheit.

Das System besteht aus zwei handlichen Kästchen, die Sender beziehungsweise Empfänger enthalten. Das Laserlicht, das zur Anregung eines selbstentwickelten Halbleiterelements im Sender sowie zum Abtasten des Terahertz-Signals im Empfänger gebraucht wird, stammt aus einem Laser mit extrem kurzen Lichtimpulsen. Diese Lichtimpulse lassen sich über Glasfaser in das System einspeisen – der Laser muss damit nicht im selben Raum stehen wie Sender und Empfänger. Auch die Auswertung der



Terahertz-Strahlen machen die Briefbombeattrappe und die beiden Pulverpackchen sichtbar. Die erzielte Auflösung zeigt, dass sich die Terahertz-Technik zum Einsatz in der zerstörungsfreien Prüfung eignet.
© Fraunhofer IPM

Daten durch einen Computer kann ausgelagert werden. Der Vorteil der räumlichen Aufteilung: Das System lässt sich auch in Produktionsstraßen nutzen, wo es schmutzig und heiß sein kann. Nur Sender und Empfänger müssen die harten Bedingungen dort tolerieren, Laser und Rechner können in einem sauberen, gekühlten Raum stehen.

Das wird künftig häufig vorkommen, denn das Terahertz-System der Fraunhofer-Forscher ist vor allem für die zerstörungsfreie Materialprüfung gedacht. So arbeiten sie in Kaiserslautern derzeit mit großen Herstellern der Luftfahrt- und Automobilindustrie zusammen, um die Dicke von Lackschichten zu messen. Diese Schichten sollen einerseits so dick sein, dass sie haltbar sind und vor Rost schützen, andererseits so dünn, dass sie wenig Material verbrauchen und Gewicht sparen. Im Gegensatz zu anderen Prüftechniken ist das Terahertz-Verfahren berührungslos. So lässt sich die Dicke der Lackschicht am Kotflügel bereits messen, wenn daneben die Tür noch gesprüht wird. Ein weiterer Vorteil: Das Messsystem schafft entlang der Lackoberfläche eine Auflösung von einem Millimeter, die Tiefenauflösung beträgt wenige tausendstel Millimeter. Prüfen lässt sich dabei mit Terahertz-Strahlung

nicht nur die Lackdicke auf Metall, sondern auch die auf faserverstärkten Kunststoffen, Glas oder Papierbeschichtungen.

Feuchtwerte bestimmen

Nur einen Nachteil hat Terahertz-Strahlung: Sie wird von Wasser und sogar von der Luftfeuchtigkeit absorbiert. Dies kann jedoch genutzt werden, um den Feuchtegehalt von Materialien zu prüfen. So dürfen bestimmte Stoffe nur weiterverarbeitet werden, wenn sie einen bestimmten Feuchtwert nicht überschreiten – das gilt zum Beispiel für Sprengstoffe oder gefriergetrocknete Produkte. Auch das Aushärten von Zweikomponentenklebern und damit die Qualität von Klebverbindungen lässt sich mit dem Terahertz-Sensor beobachten, weil sich die Schwingungen der Moleküle beim Verbinden der beiden Komponenten ändern.

Derzeit gibt es nur wenige Unternehmen, die Terahertz-Systeme anbieten. Mit ihnen wollen die Fraunhofer-Forscher jedoch nicht konkurrieren – auch wenn sie schon einige Spezial-Geräte gefertigt haben. »Wir verkaufen keine Systeme von der Stange, sondern entwickeln nach Kundenanforderung«, so Joachim Jonuscheit.

Um das Potenzial zu demonstrieren, hat das IPM das Anwendungszentrum für Terahertz-Technik eingerichtet, das während des vierten internationalen Terahertz-Workshops am 2. und 3. März in Kaiserslautern eröffnet wurde. Jonuscheit: »Dort können potenzielle Kunden unsere Technologie ausprobieren und gemeinsam mit uns ihre Anwendung entwickeln.«

Ganz neu ist beispielsweise ein elektronisches Terahertz-System, das eigens für das Zentrum angefertigt wurde. Die Besonderheit: Es arbeitet mit einem Frequenzvervielfacher, der Mikrowellenstrahlung auf Frequenzen von 100, 300 und 800 Gigahertz vervielfacht, und nicht wie sonst üblich mit einem Laser, der einen Halbleiter anregt. Der elektronische Sender eignet sich sehr gut, um große Materialoberflächen abzutasten. Für das Aufspüren illegaler Stoffe ist er allerdings nicht feinfühlig genug. Joachim Jonuscheit: »Jedes System hat seine Vorteile. Unser Ziel ist es, Kunden ein möglichst breites Spektrum an Terahertz-Technologien anzubieten und mit ihnen die optimale Konfiguration für ihren Einsatzzweck zu entwickeln.« ■

 www.fraunhofer.de/audio:
online ab 12. Mai 2010

Licht aus der Faser

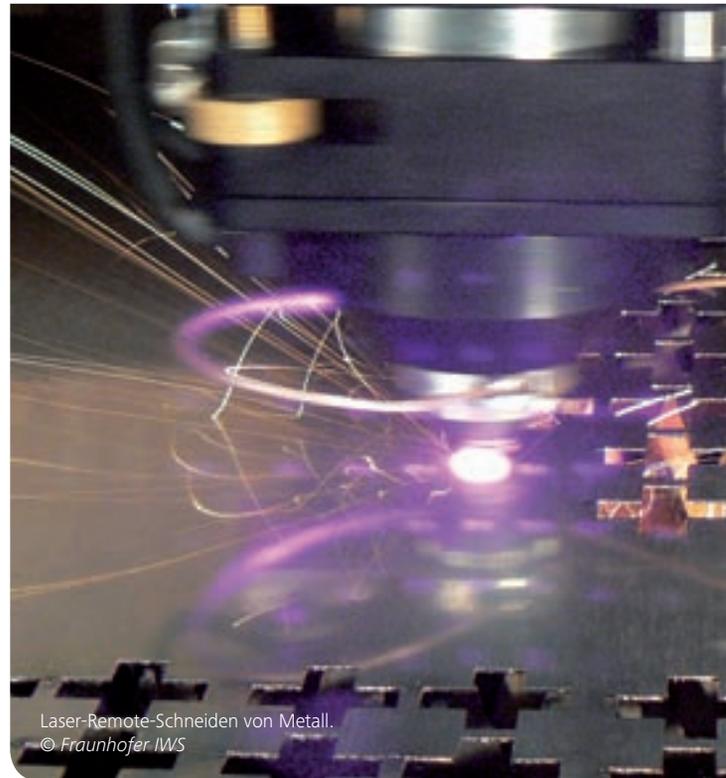
Mit Laserlicht lassen sich nicht nur Bleche schweißen und DVDs auslesen, sondern auch Hautkrankheiten behandeln und Augenoperationen durchführen. Die Produktion von Laserlichtquellen ist ein gigantischer Markt. Um die Führungsrolle Europas in der Lasertechnik zu sichern, entwickeln Forscher jetzt in einem EU-Projekt neue Faserlaser.

Text: Jan Oliver Löffken

Infrarote Lichtwellen tragen Abermilliarden von Datenbits rund um den Globus. In Glasfasern überwinden sie weite Strecken mit geringen Strahlungsverlusten. Doch die filigranen Lichtleiter können mehr: Werden sie mit Fremdstoffen dotiert, beispielsweise mit den Elementen Erbium oder Yttrium, lässt sich mit Glasfasern auch Licht verstärken. Diesen Effekt nutzten Physiker schon Ende der 80er Jahre, um Faserlaser zu bauen. Vor zwanzig Jahren erreichten die stark fokussierten Strahlen Leistungen von einigen Watt, zehn Jahre später konnte die 100-Watt-Marke überwunden werden. Heute verfügen Glasfaserlaser über 50 000 Watt Leistung, wodurch sich zahlreiche neue Anwendungen in der Materialbearbeitung ergeben.

Enormer Leistungsschub

An dieser Entwicklung waren und sind Forscher vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena beteiligt. Sie erarbeiten ausgeklügelte Faserstrukturen mit aktivem Kern, die das Licht aus Diodenlasern sammeln und verstärken. So kann Licht aus Faserlasern längst nicht mehr nur winzige Buchstaben in eine Oberfläche ritzen. Die Leistung reicht aus, um dünne Stahlbleche in Sekundenschnelle auf Mikrometer genau zu durchbohren, zu schneiden oder punktgenau zu schweißen. Damit das Material exakt an der gewünschten Stelle schmilzt oder verdampft, muss der Strahl entsprechend gelenkt werden – für die Ingenieure eine enorme technische Herausforderung.



Laser-Remote-Schneiden von Metall.
© Fraunhofer IWS

»Unsere Hauptaufgabe ist es, die Energie des Lichts auf das Werkstück zu bekommen«, sagt Dr. Andreas Wetzig vom Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS. Die Dresdner Forscher bauen Strahlsysteme, mithilfe derer sich das Licht in Bruchteilen von Sekunden mit der exakt abgestimmten Intensität auf die richtige Stelle eines Werkstücks lenken lässt. Diese Strahlsysteme sind integriert in handliche Module, die Industriekunden ohne großen Aufwand in ihre Produktion integrieren können – egal, ob es darum geht, Elektroleche für Generatoren zuzuschneiden oder Solarzellen mit laserverschweißten Kontakten zu fertigen.

Brillant und robust

Der Faserlaser ist ein ideales Werkzeug für die Produktion, davon ist Prof. Dr. Andreas Tünnermann, Leiter des IOF, überzeugt: »Im Vergleich zu konventionellen Technologien machen neben dem hohen Wirkungsgrad vor allem die thermische und mechanische Stabilität, die geringe Baugröße und die Skalierbarkeit Faserlaser so attraktiv für die Fertigung.« Da für die Lichtführung in der Faser keine komplizierten optischen Tische nötig sind, können Faserlaser selbst in einer staubigen Umgebung eingesetzt werden. Sogar komplexe Werkstücke lassen sich schnell von allen Seiten bearbeiten. Anders als bei statischen Laserquellen, wo das Werkstück aufwändig bewegt und auf den Strahl ausgerichtet werden muss, kann der Faserlaser dreidimensional geführt werden. Mit einer Effizienz von bis zu 30 Prozent gelangt das hochbrillante Licht auf das



Prozessaufnahme des Remote-Schneidens mit dem Faserlaser. © Fraunhofer IWS

zu bearbeitende Material. »Die Technik ist zudem noch sehr robust«, erläutert Wetzig: »Herzstück des Faserlasers ist die aktive Faser, und die ist quasi unzerstörbar. Das System dejustiert sich nicht und ist dadurch weitestgehend wartungsfrei.«

Bearbeiten lässt sich mit dem Faserlaser praktisch alles – vom Kunststoff bis zum Edelstahl. »Schweißen, Schneiden und Markieren – diese Anwendungen werden in den Unternehmen von der Automobilindustrie über die Medizintechnik und Mikroelektronik bis zur Druckindustrie getestet und eingesetzt«, sagt Dr. Udo Klotzbach, Leiter der Gruppe Mikrobearbeiten am IWS. Seit Kurzem können Werkstücke sogar »aus der Ferne« bearbeitet werden: Bei dieser Remote-Bearbeitung steht der Laser einen halben bis einen Meter vom Werkstück entfernt. Für den Anwender in der Industrie hat das mehrere Vorteile: Die Bearbeitung wird flexibler, produktiver und damit kostengünstiger – die Wettbewerbsfähigkeit steigt. »Beispielhaft ist unser High-Speed-Remote-Cutting-Scanner-System. Mit diesem ist es uns gelungen, innerhalb von zwei Sekunden in eine 100 Mikrometer dicke Folie 100 Löcher mit einem Durchmesser von einem Zentimeter zu schneiden«, sagt Klotzbach. Solche Werte seien mit anderen Lasersystemen unerreichbar.

»In den nächsten Jahren gilt es, stabile Faserlaser zu entwickeln, die rund um die Uhr, an sieben Tagen der Woche, eingesetzt werden können«, erklärt Klotzbach. Ein weiterer Entwicklungsschwerpunkt sind hochdynamische Strahlab-

lenksysteme, mit denen Werkstücke noch schneller bearbeitet werden könnten. Gelegenheit, die Forschung weiter voranzutreiben bietet das EU-Projekt LIFT – die Abkürzung steht für Leadership in Fibre Laser Technologies. Das 16-Millionen-Euro-Projekt wird vom IWS koordiniert, beteiligt sind Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus 9 Ländern, darunter auch das Fraunhofer IOF.

Ein anderes Ziel der Laserforscher ist die Weiterentwicklung von Ultrakurzpulslasern. Deren Pulse von wenigen hundert Femtosekunden – eine Femtosekunde entspricht einer Billionstel-Sekunde – bis zu einigen Pikosekunden – das sind Billionstel-Sekunden – heizen selbst empfindliche Werkstücke nicht auf.

Ultrakurze Laserpulse greifbar nah

Anfang des Jahres haben die Wissenschaftler und Ingenieure, die im EU-Projekt LIFT zusammenarbeiten, auf der Leitmesse Photonics West in San Francisco mit Forschern aus der ganzen Welt über ihre Ziele diskutiert. »Dabei hat sich gezeigt, dass wir die Schwerpunkte der Faserlaserentwicklung richtig erkannt haben«, resümiert Klotzbach. Gute Chancen also für die europäische Laserindustrie, nicht nur technologisch an der Spitze zu bleiben, sondern auch einen signifikanten Anteil am Weltmarkt zu halten. »Die Prognosen für den Markt 2010 sagen für den Anteil der Faserlaser eine Verdoppelung und bis 2013 eine weitere Verdoppelung voraus.« ■

Armprothesen mit Gedankensteuerung

Prothesen, die durch Anspannung eines Muskels oder gar nur durch einen Gedanken gesteuert werden können – davon träumen Ärzte und Patienten schon lange. Jetzt wird die Zukunftsvision Realität: Zusammen mit dem Prothesenhersteller Otto Bock entwickeln Fraunhofer-Forscher eine künstliche Hand, die greifen und fühlen kann.

Text Monika Weiner



Dünne und leichte Elektroden können auch Muskelaktivitäten erfassen.
© Bernd Müller

Die Latte Macchiato, die der Kellner vor mir abstellt, duftet verführerisch. Ich kann es kaum erwarten den ersten Schluck zu nehmen. Spontan greife ich zum Glas – und zucke zurück: Das Getränk ist zum Trinken noch viel zu heiß. Prof. Dr. Klaus-Peter Hoffmann beobachtet mich aufmerksam: »Was Sie gerade erlebt haben, ist ein typisches Beispiel für eine reflexartige Entscheidung: Die Temperaturrezeptoren in ihrer Hand haben Ihrem Gehirn signalisiert, dass das Glas heiß ist. Sie wissen aus Erfahrung, dass man sich an einem heißen Getränk den Mund verbrennen kann. Ihre Hand zuckt zurück, Sie warten mit dem Trinken.«

Bei gesunden Menschen läuft diese Rückkopplung – Nervenreiz, Informationsverarbeitung und Reaktion – ohne großes Nachdenken ab. Wir verhalten uns intuitiv richtig. Für Patienten, die beispielsweise als Folge einer Amputation keinen Tastsinn mehr haben, können alltägliche Situationen – etwa das Trinken eines heißen Getränks oder das Aufheben eines rohen Eis – zur Herausforderung werden: Bisherige Prothesen, funktionelle Modelle, erlaubten ein Drehen der Hand oder auch ein Zugreifen – die beiden Bewegungen lassen sich allerdings nur nacheinander ausführen. Der Patient kann dabei weder die Kraft steuern, mit der die Kunsthand zupackt, noch erfährt er, ob sich ein Gegenstand weich oder hart, heiß oder kalt anfühlt. Spontane Reaktionen auf einen unerwartet heißen Kaffee, einen besonders schweren Koffer oder einen außergewöhnlich schlaffen Händedruck sind damit nicht möglich.

Die Prothese mit Sinnen

Forscher auf der ganzen Welt arbeiten daher schon seit längerem an einer neuen Generation von Prothesen, die die natürliche Bewegungsfreiheit wiederherstellen, sich intuitiv steuern lassen und dem Träger darüber hinaus auch noch Sinneswahrnehmungen liefern. Allein das Erfassen der Bewegungsabläufe in der menschlichen Hand und die Umsetzung in technisch funktionierende Systeme erforderten dabei viel Grundlagenforschung: Wissenschaftler bei der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt DLR haben eine Roboterhand mit fünf beweglichen Fingern entwickelt, die sich wie eine menschliche Hand bewegen lässt und die, dank ausgetüftelter Sensorik, weiche von harten Gegenständen unterscheiden und greifen kann. Ein Wunder der Technik, das allerdings wegen seines Gewichts als Handprothese nicht geeignet ist. Eine wesentlich leichtere Kunsthand haben

jetzt die Ingenieure bei Otto Bock erarbeitet: Die Prothese kann dank sechs unterschiedlicher Gelenke komplexe Bewegungen ausführen; Druck-, Temperatur- und Kraftsensoren liefern darüber hinaus Informationen über die Gegenstände, mit denen hantiert wird: das heiße Glas Latte Macchiato, das rohe Ei, den schweren Koffer, der getragen werden muss.

Woher aber weiß die künstliche Hand was ihr Besitzer will? »Die Steuerung ist die größte Herausforderung, denn wir müssen den Willen des Patienten in elektronische Signale umsetzen«, erklärt Hoffmann, Leiter der Abteilung für Medizintechnik und Neuroprothetik am Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT in St. Ingbert. Die Schnittstelle zwischen Gedanken und technischen Systemen ist Hoffmanns Spezialgebiet. Zusammen mit seinem Team entwickelt er Elektroden, mit denen sich Impulse von Nerven oder Muskeln erfassen, auswerten und in Steuerungssignale umsetzen lassen. Seit einem Jahr arbeitet der Fraunhofer-Forscher im BMBF-Projekt MyoPlant – die Abkürzung steht für Aufbau einer bionischen Handprothese auf der Grundlage eines myogen-gesteuerten intelligenten Implantates – mit dem Entwicklerteam bei Otto Bock zusammen. »Unser Ziel ist es, eine bionische Handprothese zu entwickeln, die der Patient willentlich steuern kann und die ihm das Gefühl zurückgibt«, resümiert Hoffmann.

Elektroden verstehen, was der Patient will ...

Die Absicht des Patienten können die Forscher an winzigen elektrischen Impulsen ablesen, die vom Gehirn über die Nerven zum Muskel gehen. »Bisher hat man diese Potenziale oberflächlich mittels Elektroden abgeleitet, die auf die Haut gebracht wurden. Die Methode ist allerdings störanfällig, weil sich die Elektrodenkontakte durch Bewegung oder Schweiß verändern können«, berichtet Hoffmann. »Im Projekt MyoPlant entwickeln wir implantierbare Elektroden, die unter der Haut mit der Oberfläche der verbliebenen Muskulatur vernäht werden und dort Bewegungssignale erfassen können.« Die Anforderungen, die an solche implantierbaren Elektroden gestellt werden, sind enorm: Sie müssen ultraleicht, sehr klein und biokompatibel sein. »Unsere Implantate bestehen aus dünnen Folien, die mit Gold und Platin beschichtet werden«, so Hoffmann. Diese Elektroden erfassen die Impulse, die auftreten, wenn der Patient einen der Muskeln aktiviert, die bei einer gesunden Hand eine Bewegung auslösen würden. Die registrier-

ten Impulse werden dann in einen Verstärker geleitet und über Funk zu einem Empfänger außerhalb des menschlichen Körpers geschickt – es handelt sich um ein kleines Kästchen mit viel Elektronik, das die Signale auffängt, verarbeitet und dann die Aktuatoren in der künstlichen Hand steuert.

... und geben Feedback

Als wäre das nicht schon kompliziert genug, sollen Sensoren in der Prothese ständig Druck, Kraft und Temperatur erfassen. Diese Informationen werden zu Elektroden geleitet, die sich auf der Haut des Patienten befinden: Steigt der Druck, die Kraft, oder kommt die Prothese mit etwas Heißem in Berührung, erzeugen die Elektroden auf der Haut ein ganz charakteristisches Kribbeln. Mit etwas Übung kann der Patient lernen über dieses Feedback die Prothese zu steuern: Kribbelt die Elektrode, die für Kraftmessung zuständig ist, dann ist der Druck, den die Prothese ausübt, geeignet um einen Koffer zu tragen, aber zu stark um ein Glas Latte Macchiato zum Mund zu führen – zum Kaffeetrinken muss der Muskel, der fürs Zupacken zuständig ist, etwas entspannen. »Alternativ zu den Elektroden, die das Potenzial von der Muskulatur ableiten, arbeiten wir auch an Elektroden, die direkt mit den Nerven verbunden werden«, berichtet Hoffmann. »Dieser Ansatz ist schwieriger, weil die Impulse schwächer sind. Dafür sind wir direkt mit den Nervenbahnen verbunden, und über diese wird nicht nur der Muskel angesteuert, sondern auch das Feedback ans Gehirn geleitet. Vielleicht können wir eines Tages über ein einziges Implantat die Bewegungsimpulse abgreifen und dem Patienten sensorische Informationen liefern.«

Noch sind bionische Handprothese und Elektroden nur Prototypen. Bis zum Ende des Projekts MyoPlant in zwei Jahren wollen die Forscher die Entwicklungsarbeiten abgeschlossen haben und mit den vorklinischen und klinischen Tests beginnen. Erst wenn diese beendet sind, können Armprothesen mit Gefühl Patienten helfen, ihren Alltag besser zu bewältigen. Bis es soweit ist, werden nach Schätzung Hoffmanns allerdings noch Jahre vergehen. Damit Träume wahr werden, braucht es in der Medizintechnik nicht nur innovative Ideen und ingenieurtechnisches Know-how, sondern oft auch Geduld. ■

Erste Hilfe aus dem Nano-Container

Nano-Kapseln mit potenten Füllungen spielen in der Pharmakologie eine wichtige Rolle. Künftig sollen sie auch metallische Bauteile schützen – als Depots für korrosionshemmende Wirkstoffe oder Schmiermittel.

Text: Michaela Neuner

Sie transportieren Medikamente zu erkranktem Gewebe, infiltrieren Krebsgeschwüre und im künstlichen Blutersatz sollen sie schon bald die Rolle der roten Blutkörperchen übernehmen, die Sauerstoff aus der Lunge im Körper verteilen: Nano-Kapseln mit hauchdünnen Wänden aus Kunststoff werden von Pharmakologen hoch geschätzt. Tatsächlich hat Prof. Dr. Christian Mayer von der Universität Duisburg-Essen die Polymer-Kapseln für pharmazeutische Zwecke entwickelt. Doch jetzt will er sie gemeinsam mit Dr. Claudia dos Santos vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart auch bei der Beschichtung von Bauteilen einsetzen. Die Kapseln sollen hierfür mit Schmiermitteln oder Korrosionshemmern gefüllt werden.

Die Wirkstoff-Depots können Erste Hilfe leisten, wenn beispielsweise ein Kratzer in den Lack kommt: Die Kapseln platzen auf und geben einen korrosionshemmenden Wirkstoff frei, der sich wie ein Pflaster über den angekratzten Lack legt. Diese Soforthilfe ersetzt zwar nicht die Fahrt zur Werkstatt, verhindert aber zunächst, dass das Metall an der defekten Stelle zu rosten beginnt. Man kann nun in aller Ruhe einen Termin für die Reparatur vereinbaren, ohne Angst haben zu müssen, dass größere Korrosionsschäden auftreten.

Mit Schmiermittel gefüllte Nano-Kapseln können helfen, Lager, Getriebe und Kolben vor dem Trockenlaufen zu schützen. Die integrierten Schmiermittelreserven verhindern gravierende Schäden, bis das System zum Stillstand gekommen ist. Dafür bedarf es nicht viel. Gleitmittel

zeigen bereits in homöopathischen Dosen Wirkung: »Schon wenige Moleküle Öl auf der Oberfläche verringern die Reibung erheblich«, erklärt dos Santos. Übrigens sei auch bei Korrosionsinhibitoren die Menge nicht ausschlaggebend – wichtig sei nur, dass der Wirkstoff effizient ist.

Die Polymer-Kapseln, die dos Santos und Mayer in metallische Schichten einbauen, sind durchschnittlich 300 Nanometer klein. Theoretisch lassen sie sich gut mit Nickel-Kupfer und anderen Metallionen mischen, mit denen sich Bauteile im galvanischen Bad elektrochemisch beschichten lassen. Praktisch liegt die Tücke im Detail, erklärt die Ingenieurin. »Zu große Kapseln reduzieren die mechanische Stabilität der Schicht. Im Mittel sind galvanische Beschichtungen zwischen 30 und 50 Mikrometer stark. Einen zehn- bis zwanzigprozentigen Anteil an Nano-Kapseln verkraften sie problemlos.« Die Voraussetzung ist, dass sich die Kapseln einzeln und gleichmäßig in der Schicht verteilen. Das tun sie jedoch nicht freiwillig: Je kleiner Partikel sind, desto größer ist ihre Oberfläche im Verhältnis zu ihrer Masse. Im Bestreben, ihre Oberfläche zu verringern, ballen sie sich zusammen, sie verclustern. Aus nanometergroßen Kapseln können schnell mikrometergroße Agglomerate entstehen, die nicht nur die Schicht schwächen, sondern auch als optische Defekte sichtbar werden.

Um die Nano-Kapseln zu vereinzeln, setzt Mayer elektrostatisch geladene Stabilisatoren ein. Die Tenside umhüllen die Polymer-Kapseln, stabilisieren sie im galvanischen Bad und halten sie gleichzeitig durch gleichnamige elektrische Ladung auf Abstand. Auf diese Weise gelang es

den Forschern Beschichtungen herzustellen, in denen die Nano-Kapseln ziemlich gleichmäßig verteilt sind. Gute Erfolge erzielten die Experten bereits mit schmiermittelgefüllten Kapseln. Kniffliger wird es bei den Korrosionshemmern – ihre polymere Hülle wirkt wie eine halbdurchlässige Membran, die zwar den eigentlichen Wirkstoff einsperrt, Lösungsmittel jedoch passieren lässt. »Wir haben eine sehr konzentrierte Lösung in den Kapseln und eine sehr konzentrierte Lösung draußen. Dadurch baut sich ein starker osmotischer Druck auf, und den müssen die Kapseln aushalten«, erklärt Mayer. Das von der Volkswagen-Stiftung geförderte Projekt läuft noch bis Ende des Jahres, doch die Forschung wird auch danach noch weitergehen, da sind sich die Experten einig.

Wirkstoff-Depots für alle Gelegenheiten

Fasziniert von den Möglichkeiten der Nanotechnik ist auch ein interdisziplinäres Wissenschaftlerteam, das an selbstheilenden Schichten arbeitet. Dr. Andreas Dietz vom Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST in Braunschweig, Prof. Dr. Guido Grundmeier von der Universität Paderborn und Dr. Dmitry Shchukin vom Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Golm bei Potsdam sprechen allerdings nicht von Nano-Kapseln, sondern von Nano-Behältern oder Nano-Containern. Diese integrieren die Forscher sowohl in Lack- als auch in Metallschichten. Dort sollen die Container Wirkstoffe bereit halten, die im Falle eines Schadens, beispielsweise eines Kratzers, austreten, wahlweise aber

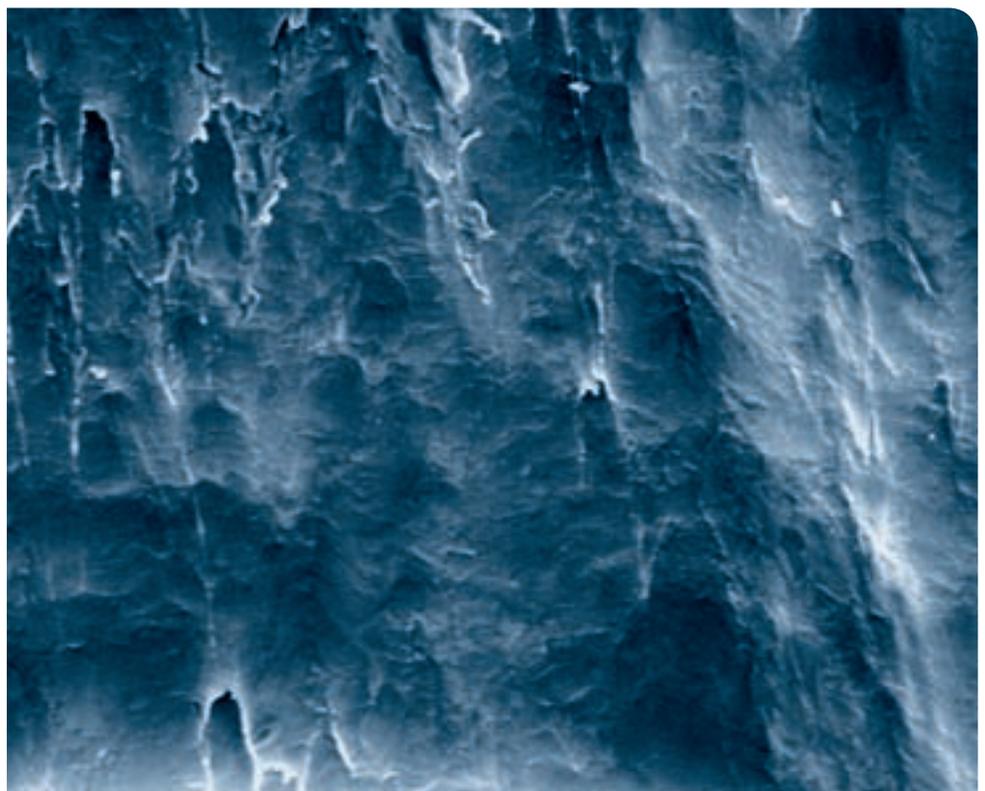
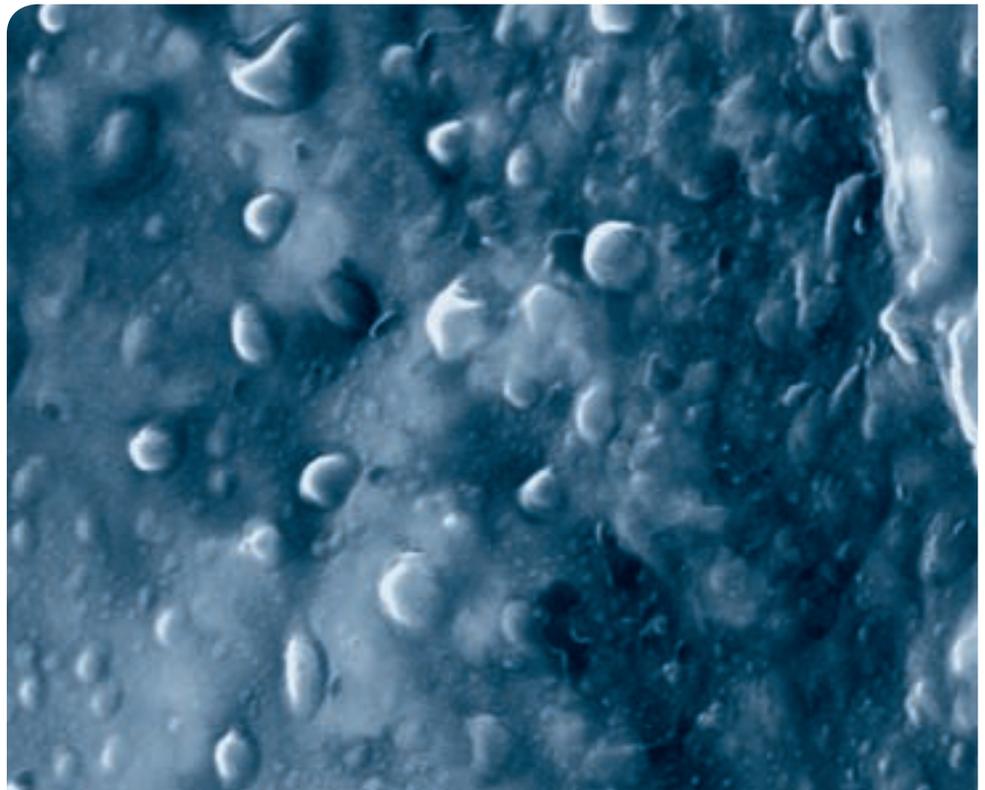
Nickelschicht ohne Kapseln (oben) – Nickelschicht mit Kapseln (unten). © Fraunhofer IPA

auch im Fall von Temperaturschwankungen oder einem veränderten pH-Wert – einem Indikator für Korrosion.

Dmitry Shchukin vom MPI in Golm ist Spezialist für die mikroskopisch kleinen Container: Sein Team arbeitet mit Halloysiten, natürlich vorkommenden Nano-Röhrchen aus Tonerde, Polymeren, die den Wirkstoff einkapseln und mit feinporigen, anorganischen Verbindungen, die sich mit dem Wirkstoff vollsaugen. »Zum Beispiel verwenden wir für den Korrosionsschutz anorganische Container aus Titanium-Oxid oder Silizium-Oxid und für die Schmiermittel Container aus Polymeren. Polymer-Container sind weniger stabil, sie zerplatzen leichter bei einem mechanischen Angriff«, erläutert Shchukin.

Besonders spannend ist für die Forscher das Verhalten der Container in der Schicht. »Verschiedene Container-Sorten sollen sich während der Abscheidung dort lokalisieren, wo sie benötigt werden«, erklärt Grundmeier. So sollten zum Beispiel Wirkstoffe, die Korrosion verhindern, an der Grenzfläche zwischen Metall und Polymer zu liegen kommen, Nano-Container mit Stoffen, die die Reibung vermindern, hingegen an der Oberfläche. Entscheidend dafür, wo ein Container eingebaut wird, ist seine Umhüllung: Diese wollen die Wissenschaftler mit einer bestimmten Ladung versehen oder mit chemischen Funktionsgruppen ausstatten, die bevorzugt an bestimmten Stoffen anbinden. »Im Moment ist das noch sehr viel Becherglas-Chemie«, räumt Grundmeier ein. Die Arbeiten seien jedoch essenziell für die Entwicklung einer industriellen Prozesstechnologie.

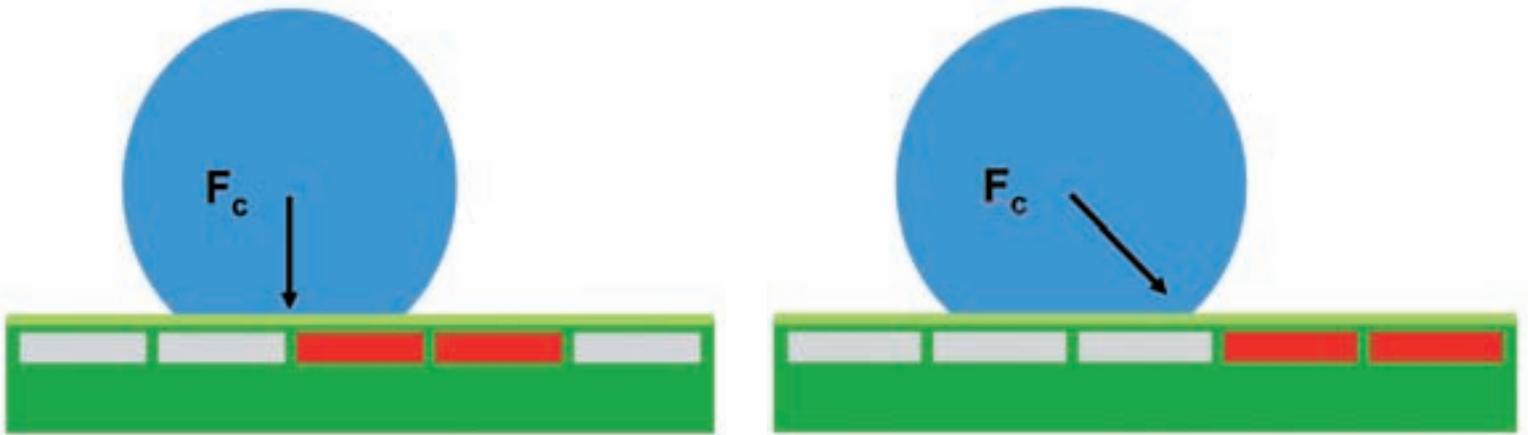
Tatsächlich hat das Interesse der Industrie an Nano-Containern in Schichten stark zugenommen, das spüren auch die Spezialisten in Golm: Die Forscher in der Abteilung Grenzflächen beschäftigen sich seit zehn Jahren mit den winzigen Behältern. »Seit zwei, drei Jahren verzeichnen wir eine verstärkte Nachfrage von Unternehmen«, erzählt Dmitry Shchukin. Eine Entwicklung, die Fraunhofer-Forscher Dietz nicht überrascht: »Bisher konnte man nur feste und reaktionsträge Stoffe in Schichten integrieren. Mit den Nano-Containern schafft man es, auch flüssige Wirkstoffe oder chemisch reaktionsfreudigere Stoffe einzubauen. Dadurch erhält man auf lange Sicht Beschichtungen mit ganz neuen, maßgeschneiderten Funktionen.« ■



Wie Wassertropfen laufen lernen

Herkömmliche Bestückungsmaschinen für Leiterplatten können die immer winzigeren Elektronikbauteile bald nicht mehr exakt platzieren. Eine neue berührungslose Technik auf Basis von Wassertropfen könnte die Lösung sein.

Text: Evdoxia Tsakiridou



Wie eine Miniaturbowlingkugel flitzt der Wassertropfen auf einer unsichtbaren Bahn entlang, plötzlich ändert er seine Richtung um 90 Grad, rollt ein paar Millimeter, bleibt wieder stehen – und ist Sekundenbruchteile später verschwunden. »Schauen Sie jetzt einmal durchs Mikroskop auf die Leiterplatte. Sehen Sie den Mikrochip, der nun an der Stelle des Wassertropfens liegt?«, fragt Erik Jung vom Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin.

Wassertropfen werden durch elektrische Felder bewegt

Mit bloßem Auge ist es kaum zu erkennen, aber tatsächlich, da liegt ein winziges elektronisches Bauteil. Electrowetting (Elektrobenetzung) heißt die Technik, bei der Forscher die Benetzungseigenschaften von Flüssigkeiten nutzen, um kleinste Elektronikkomponenten zu positionieren. »Dabei wird ein Wassertropfen mit Hilfe eines elektrischen Feldes derart manipuliert, dass wir diesen auf einer Fläche von einer DIN-A4-Seite exakt bewegen können. Ein im Tropfen eingeschlossenes Bauelement lässt sich problem-

los transportieren und auf wenige Mikrometer genau ausrichten«, weiß Jung.

In der Anfangszeit der Computertechnik platzierte man Mikrochips noch mit Pinzetten. Diese Aufgabe haben bereits in den 1970er Jahren Bestückungsmaschinen übernommen. Aber auch heutige Hightechgeräte stoßen bald an ihre Grenzen, denn die Schaltkreise und Bauteile werden immer winziger. »Chips für RFID-Anwendungen haben heute Kantenlängen von etwa einem Viertelmillimeter. Passive Bauelemente wie Kondensatoren oder Widerstände sind sogar noch kleiner. Die Bestückungsmaschinen, die nach dem Prinzip des ‚pick-and-place‘ arbeiten, werden nicht nur Probleme haben, die Teile genau zu positionieren. Es besteht auch die Gefahr, dass neue Bauelemente wie Sensoren beschädigt werden«, beschreibt Jung die kommende Herausforderung für die Elektronik-Branche.

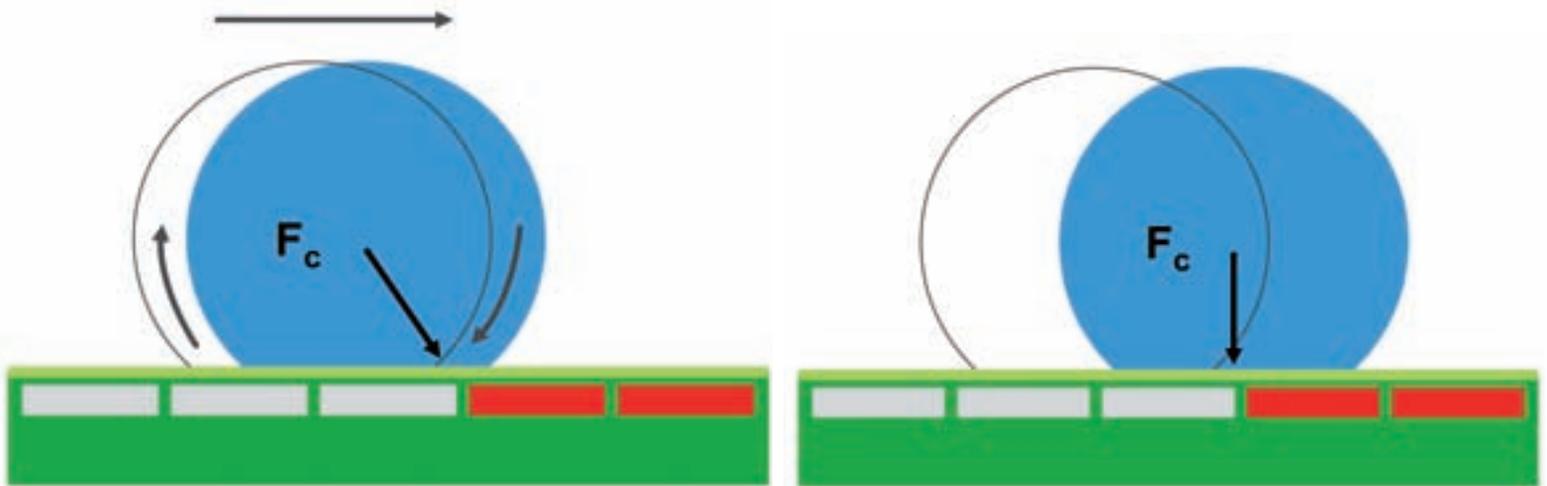
Die Methode der Elektrobenetzung könnte eine Alternative bieten. Sie wird seit einigen Jahren für die Herstellung von Flüssiglinsen und Farb-

displays eingesetzt. Warum nicht das Verfahren für die Platzierungstechnik weiterentwickeln, haben sich die Forscher am IZM gedacht. Seit 2005 erproben Jung und seine Kollegen berührungslose Verfahren. Vor Kurzem konnten sie zeigen, dass die Technik funktioniert, und zwar auf Basis kostengünstiger Leiterplattentechnologie.

Dies schaffen die Mikrosystemtechnik-Experten, in dem sie die Benetzungseigenschaften des Wassertropfens an der Oberfläche der Leiterplatte gezielt verändern. Außerdem haben sie im Vorfeld die Leiterplatte mit Nanopartikeln beschichtet, so dass deren Oberfläche ähnlich den Blättern einer Lotusblume stark wasserabweisend (superhydrophob) ist. Das physikalische Prinzip beruht darauf, dass Wasser eine dielektrische Flüssigkeit ist. Es besteht also aus Molekülen mit Plus- und Minuspol, die sich entsprechend einem äußeren elektrischen Feld ausrichten.

Die unter einem Wassertropfen liegenden Elektroden der Leiterplatte lassen sich so schalten,

Die Oberflächenspannung eines Wassertropfens wird durch ein elektrisches Feld so manipuliert, dass sich der Tropfen auf einer Fläche von 20 x 30 cm² exakt bewegt lässt. © Fraunhofer IZM



dass zwischen zwei benachbarten Strukturen ein elektrisches Feld entsteht. Der über diesen Strukturen liegende, ameisenkopfgroße Tropfen verformt sich. Schaltet man nun das elektrische Feld auf benachbarte Strukturen weiter – vergleichbar einer Lichterkette, deren Lämpchen der Reihe nach aufleuchten –, zieht sich der Tropfen dem Feld folgend zur nächsten Struktur. Das Wasserkügelchen »läuft«. Man stoppt es, in dem man das elektrische Feld nicht mehr weiterbewegt. Schließlich verdampft der Tropfen, und übrig bleibt das exakt positionierte Bauteil.

Wenn Wasser sogar rückwärts fließt

»Man kann mit der Methode Wasser auch aufwärts fließen lassen«, schmunzelt Erik Jung. Das aber ist nicht das Ziel des Physikers, ihm geht es um das exakte Positionieren. Wesentliche Kriterien dafür sind die Anordnung der elektrischen Leiterbahnen und die superhydrophobe Oberfläche. Inzwischen sind die Fraunhofer-Forscher dabei, ihre Innovation vom Labor an industrielle Größenordnungen anzupassen: Das

heißt, sie müssen das Design der Leiterplatten und die wasserabweisende Oberfläche optimieren ebenso den Herstellungsprozess simulieren. Noch einen wichtigen Parameter gilt es zu beachten: Es muss die richtige Atmosphäre in den Produktionsräumen herrschen. Ist nicht genug Luftfeuchtigkeit vorhanden, verdampft der Tropfen zu schnell, und die Bauteile bleiben an der falschen Stelle liegen.

Eine ebenso große Herausforderung ist die weitere Miniaturisierung der Bauteile. Die Strukturgrößen auf modernen Komponenten sind heutzutage Bereich von Mikrometern und kleiner, die Komponenten selbst etwa 100 Mikrometer groß. Hier genügt es, wenn sie auf 25 Mikrometer genau platziert werden. Mit dem Schritt hin zur Nanotechnologie werden diese Komponenten kleiner, die nur wenige 10 Mikrometer großen Bauteile erfordern dann Platziergenauigkeiten von etwa einem Mikrometer. »Dann benötigen wir Toleranzen um etwa einen Mikrometer. Dementsprechend dürften auch die Leiterbahnen höchstens einen Mikrometer breit sein«, stellt Jung fest. Hierfür tüfteln die Fraunhofer-

Forscher bereits an einer Lösung: Einer ihrer Ansätze besteht darin, die Superhydrophobie lokal wieder aufzuheben. Mittels Electrowetting wird der Tropfen in die Nähe der »frei« gewordenen Fläche transportiert. Aufgrund der Kapillarkräfte zieht sich der Wassertropfen von selbst in seine Zielposition und »legt« damit das Bauteil am richtigen Ort ab.

In Zukunft könnten Hersteller dank dieses Verfahrens besonders kleine Produkte bauen. Oder passive Komponenten – mit einer Größe von 1/18tel Millimeter – berührungslos und präzise auf Leiterplatten platzieren. Dafür allerdings muss noch eine weitere Hürde genommen werden: Sollen künftig Leiterplatten mit kontaktlosen Verfahren bestückt werden, muss ein hoher Durchsatz garantiert sein. Das bedeutet aber, mehrere Wassertröpfchen müssten parallel manipuliert werden.

Jung ist überzeugt: »Wenn es uns gelingt, mehrere Tropfen unabhängig voneinander und kollisionsfrei zu bewegen, dann würde das die Bestückungstechnik revolutionieren.« ■

Effizient Chips produzieren



Europa gibt das weltweite Rennen in der Halbleitertechnologie noch lange nicht verloren. Im Verbundprojekt IMPROVE arbeiten Chiphersteller, Forschungsinstitute, Universitäten, Ausrüster und Dienstleister daran, die Effizienz der europäischen Halbleiterindustrie zu steigern.

Der Halbleitermarkt ist ein hartes Geschäft: Regelmäßig fallen die Preise, und viele Industriestandorte konkurrieren global um Marktanteile. Doch auch in Fernsehern, Satellitenempfängern oder Mobiltelefonen von ausländischen Herstellern, verbirgt sich im Inneren trotzdem oft Elektronik aus Europa. »Wer also glaubt, Europa habe keine bedeutende Chipindustrie mehr, der irrt. Die Halbleiterbranche schafft die Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft einer ganzen Reihe von Wirtschaftszweigen«, betont Martin Schellenberger vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen. Gerade in der Automobiltechnik, im Maschinenbau, der Medizintechnik, Telekommunikation, Luft- und Raumfahrt oder Mess- und Regeltech-

nik kommt häufig Mikroelektronik »made in Europe« zum Einsatz.

»Die europäische Halbleiterindustrie bietet sehr gute Technologien, und der Wettstreit auf dem Weltmarkt ist noch lange nicht entschieden. Der Schlüssel zum Erfolg liegt in intelligenten Produkten, aber auch in einer effizienteren Fertigung«, sagt Schellenberger. Um die Effizienz in der Halbleiterindustrie zu steigern, fördert die EU das Projekt IMPROVE (siehe Kasten). Das Kürzel steht für »Implementing Manufacturing science solutions to increase equipment pROductiVity and fab pERformance«. Ziel des großen europäischen Verbundprojekts ist es, die Wettbewerbsfähigkeit der Halbleiterindustrie durch intelligente Lösungen zu stärken. Wissen-

Forschung für effiziente und wettbewerbsfähige Halbleiterfertigung in Europa. © Kurt Fuchs

Gemeinsam forschen

IMPROVE ist das größte europäische Verbundprojekt zur Effizienzsteigerung in der Halbleiterindustrie. Das Gesamtbudget beträgt 37,7 Millionen Euro. Es wird zur Hälfte aus Mitteln nationaler Behörden sowie von ENIAC (European Nanoelectronics Initiative Advisory Council) und der Europäischen Union gedeckt. Einer der größten Geldgeber ist das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF mit 3,5 Millionen Euro. Die andere Hälfte wird von den Projektpartnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung finanziert

Die Partner sind:

- AP-Technologies
- Atmel
- Austriamicrosystems AG
- Camline
- CEA-LETI
- CNR-IMM
- Critical Software S.A.
- Dublin City University
- Ecole des Mines de Saint Etienne -Centre Microélectronique de Provence
- Fachhochschule Wiener Neustadt
- FAU Erlangen-Nürnberg – Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik
- Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB
- G-SCOP
- Infineon Austria
- Infineon Technologies AG
- Infineon Technologies Dresden GmbH
- InReCon AG
- Intel
- iSyst Intelligente Systeme GmbH
- Italian National Council of Research, CNR-IEIT
- LAM Italy
- Lexas Research
- LTM CNRS
- NUMONYX
- PDF solutions
- Probayes
- STMicroelectronics
- Straatum
- Technofittings
- University of Augsburg: Universität Augsburg (UAA)
- University of Milano: Università degli Studi di MILANO (UNIMI)
- University of Padova
- University of Pavia: Università degli Studi di Pavia (UNIPV)

Anstrengungen – etwa durch eine intelligentere Überwachung der Fertigungsbedingungen und das vorausschauende Warten der Fertigungsgeräte. Genau hier setzt IMPROVE an: Die Partner erforschen und entwickeln Methoden und Werkzeuge, um Prozessschwankungen besser kontrollieren und die Durchlaufzeiten optimieren zu können.

»Bei der Halbleiterfertigung fallen massenweise Daten an, etwa zu Druckverhältnissen, Temperatur oder Gaszusammensetzung. Es wäre spannend, ein Verfahren zu entwickeln, das diese Informationen umfassend auswertet und nach Zusammenhängen sucht«, erläutert Schellenberger. In Kombination mit innovativen Verfahren zur Datenauswertung ließen sich so die Fertigungsdauer verkürzen und die Ausbeute bei der Chipfertigung verbessern. Dann wäre es möglich, die teuren Anlagen und Ausrüstungen flexibler und effizienter einzusetzen.

 www.eniac-improve.eu

Das Projekt IMPROVE ist in drei Themenbereiche gegliedert: »Virtuelle Messtechnik«, »Vorausschauende Instandhaltung« und »Variable Qualitätskontrolle«. Damit die Lösungen aus den drei Themengebieten allen beteiligten Projektpartnern zugutekommen, wird ein allgemein gültiger Anforderungskatalog erarbeitet – unter Federführung des IISB. »Die Beteiligten möchten Insellösungen vermeiden und die Übertragbarkeit der Ergebnisse für alle Industriepartner sicherstellen«, sagt Schellenberger.

schaftler des IISB arbeiten federführend in dem Forschungsvorhaben mit.

35 Partner aus 6 Ländern

In IMPROVE haben sich 35 Partner aus sechs europäischen Ländern zu einem strategischen Bündnis zusammengeschlossen – darunter sind große Halbleiterhersteller, Firmen mit europäischen Fertigungsstandorten, Forschungsinstitute und Universitäten. »Bei dem Projekt geht es nicht um die berühmten Arbeitskosten. Denn die machen nur fünf Prozent der Chipkosten aus«, weiß Schellenberger. »Unser Anspruch ist es, durch wissenschaftliche Forschung in der Fertigung einen Vorsprung vor den Wettbewerbern zu gewinnen.«

Neue Chipgenerationen sind mit immer mehr Funktionen ausgestattet. Das erfordert immer komplexere Fertigungsverfahren und immer längere Produktionszeiten. Nach Angaben von Infineon umfasst die Herstellung eines Produktwafer heute bis zu 550 einzelne Prozessschritte und dauert 12 bis 16 Wochen. Da Hersteller viele unterschiedliche Produkte anbieten, müssen sie nach der Fertigung von nur 50 bis 100 gleichartigen Wafern ihre Anlagen für die Herstellung des nächsten Produkts umrüsten.

Auch die Qualitätskontrolle muss dann entsprechend an die Fertigung angepasst und umgestellt werden. Um nicht unnötig Zeit zu verlieren und eine gleichbleibend hohe Qualität zu gewährleisten, bedarf es besonderer

Ein weiteres Arbeitspaket, das Forscher des IISB koordinieren, ist das »Equipment Forum«. Hier sind Hersteller und Zulieferer eng in die Forschungsprozesse eingebunden. So lassen sich aktuelle Forschungsergebnisse zeitnah kommunizieren, und die nötigen Modifikationen an Ausrüstungen und Geräten fließen frühzeitig in Entwicklung und Konstruktion ein.

IMPROVE läuft bis Ende 2011, und für Schellenberger hat es über die Forschung hinaus große Bedeutung: »Die mehr als 30 Partner aus sechs Ländern sind dabei, einen bislang ungekannten Geist der Zusammenarbeit zu entwickeln. Damit wird durch IMPROVE ein wichtiger Grundstein für die zukünftige Stärke der europäischen Halbleiterindustrie gelegt.« ■

Patrouille im Untergrund

Die Tage offener Abwasserkanäle sind gezählt. Die Emschergenossenschaft in Essen macht Schluss mit der Erblast vergangener Zeiten: Rund zwei Millionen Anwohner entlang der Emscher erhalten einen gigantischen Abwasserkanal. Das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg entwickelt gemeinsam mit der Emschergenossenschaft Roboter zur Inspektion und Reinigung der unterirdischen Röhre.

Text: Andreas Beuthner

Im Ruhrgebiet haben die einst boomende Schwerindustrie und der Bergbau längst ihren Rückzug angetreten. Eine Altlast aber ist geblieben: der offene und kanalisierte Schmutzwasserlauf der Emscher, ein Relikt der frühen Industrialisierung Anfang des 20. Jahrhunderts. Seit mehr als 100 Jahren dient die Emscher mit ihren 350 Kilometern Fluss- und Bachläufen als große Abwasserrinne für das Ruhrgebiet. In diesem Jahr wird das Betonkorsett der Emscher endgültig verschwunden sein. Die Emschergenossenschaft arbeitet mit Hochdruck an einem 51 Kilometer langen, unterirdischen Abwasserkanal. Gewinner sind die Anwohner und die Umwelt. Denn die Emscher soll wieder das werden, was sie einst war – ein friedlich mäandrierender Tieflandfluss in einer teilweise renaturierten Auenlandschaft.

Bis zu 40 Meter unter der Erdoberfläche verläuft der neue Abwasserkanal, der wie ein Kabelstrang das neue Emschertal zwischen Dortmund und Dinslaken verbindet. Die 35 000 Stahlbeton-Kanalrohre haben einen Innendurchmesser zwischen 1,60 und 2,80 Metern und nehmen das Ab- und Schmutzwasser der gesamten Region auf, das mit einer Geschwindigkeit von vier Kilometern in der Stunde in drei Klärwerke entlang des oberirdischen Flussverlaufs zur Endreinigung fließt. Ein ehrgeiziges Entwässerungsprojekt, das in Europa seinesgleichen sucht. Die Planung hat bereits Anfang der 1990er Jahre begonnen. Bis 2020 will die Emschergenossenschaft durch ihre Mitglieder – Städte, Wirtschaft und Bergbau – insgesamt 4,4 Milliarden Euro investieren. Eine Herausforderung: »Wir mussten planerisch Neuland betreten,

denn es gibt weltweit keinen Abwasserkanal, der als Vorbild hätte dienen können«, betont Jochen Stemplewski, der Vorstandsvorsitzende der Emschergenossenschaft.

Vor allem die Inspektion des Kanals bei laufendem Betrieb und das Reparieren von Schäden im Leitungsnetz verlangten von den Planern ein gründliches Umdenken. Während bislang Wartungsarbeiter die Abwasserkanäle zu Fuß begehen und nach Schäden fahnden, ist das beim neuen Abwasserkanal Emscher wegen des gleichbleibend hohen Wasserstandes, der besonderen Tiefenlage und den damit verbundenen Gefahren für die Mitarbeiter schlicht nicht möglich. Wie aber lassen sich kilometerlange Ableitungsrohre unter Tage zuverlässig erkunden und ausbessern? Die Antwort hatten Wissenschaftler des IFF parat: Roboter sollen die für Menschen unzumutbare Arbeit in der neuen Emscher-Kanalisation übernehmen.

Roboter sind die idealen Helfer im Schmutzwasserkanal

Zunächst klang es wie Science-Fiction, doch schnell erkannten die Planer des Wasserwirtschaftsverbands, dass künstliche Roboterinspektoren die idealen Helfer im Schmutzwasserkanal sind. Gemeinsam mit einem Wissenschaftlerteam des IFF entstand der Bauplan für ein automatisches Inspektions- und Reinigungssystem, das den Job unter Tage auch unter widrigsten Umgebungsbedingungen zuverlässig erledigt. Während die Abwasserspezialisten der Emschergenossenschaft ihre Expertise im Bereich Klärwerktechnik und Kanalbau ein-



brachten, steuerten die Fraunhofer-Experten ihr Know-how über mobile Serviceroboter und die Verarbeitung komplexer Bild- und Messdaten bei. »Die drei Roboter sind mit Kamera, Sensortechnik und Ultraschallscanner ausgestattet. Sie inspizieren nicht nur den Kanal, sondern können auch Reinigungsaufgaben übernehmen«, sagt IFF-Projektleiter Norbert Elkmann.

In einer ersten Inspektion des noch ungenutzten Leitungssystems, hat das automatische Inspektionssystem den Neuzustand in einem Datenmodell erfasst. Die eigentliche Nagelprobe mussten die Supermolche wenig später bei geflutetem Kanal bestehen. Der Wartungsplan sieht vor, dass ein kleines Patrouillenboot die Innenwände der Abflussrohre auf mechanischem Verschleiß, Risse oder undichten Stellen hin untersucht. Der 1,60 Meter lange Roboter ist mit High-



Die Abwasserrohre haben zum Teil einen Durchmesser von bis zu 3 Metern.
© Diethelm Wulfert; www.emscherplayer.de



Die 81 Kilometer lange Reise der Emscher startet in Holzwickede und endet bei Dinslaken.
© Ira hellenthal; www.emscherplayer.de

Emschergenossenschaft/Lippeverband
Kronprinzenstraße 24
45128 Essen
Telefon +49 201 104-0
Fax +49 201 104-2277
www.emschergenossenschaft.de

Gründung: 1899
Mitarbeiter: 1500
Umsatz (2008): 182 Millionen Euro

Betreiber und Eigentümer von Entwässerungs-, Abwasser- und Vorflutpumpwerken, Hochwasserrückhaltebecken und Kläranlagen

Tech-Kameras und einem Ultraschallscanner ausgerüstet. Das schwimmende Schadenserkenkungssystem legt die etwa 600 Meter zwischen zwei Reparaturschächten in drei Stunden zurück und meldet auf seiner Tour auch kaum wahrnehmbare Änderungen, beispielsweise leicht verschobene Rohre, über einen eigens entwickelten Schwimmschlauch an die Computer eines Wartungsleitstands.

Zeigen die Bilder aus dem Untergrund erste Anzeichen von Verschmutzung, setzt das Wartungspersonal den Reinigungsroboter in Marsch, der anhand der Messergebnisse seines Kollegen die beanstandeten Stellen an den Kanalwänden mit einem Hochdruckreiniger säubert. Um ganz sicher zu gehen, soll in größeren Zeitabständen schließlich ein dritter Roboter auf Rädern im Kanallabyrinth nach dem Rechten sehen. Ein

zwei Tonnen schweres hochpräzises Schadenvermessungssystem nimmt jeden Riss auch unter Wasser unter die Lupe und kann zum Beispiel mittels Temperaturfühler feststellen, wo kaltes Grundwasser durch undichte Stellen in den Kanal sickert.

Aus den Einzelbildern wird ein 3-D-Gesamtbild erstellt

Eine zentrale Aufgabe ist die Verarbeitung und Auswertung der gesammelten Daten: Aus den zahllosen Einzelbildern der hochauflösenden Kamera muss ein dreidimensionales Gesamtbild möglicher Schäden an den Wandflächen der inspizierten Kanalrohre entstehen. Wichtig sind auch genaue Angaben, wo sich der Roboter befindet, damit der nachfolgende Roboter den Schadensort auch wiederfindet. Haarfeine Risse

müssen ebenso erkennbar sein wie feuchte Oberflächen. Die Lösung für solche Fragen ist nicht einfach und erfordert ein umfassendes Wissen über die Analyse von Sensordaten und die zugrunde liegende Softwarearchitektur.

In Essen ist man sich sicher, dass mit dem automatischen Inspektionssystem nicht nur ein neues Kapitel in der Wartung schwer zugänglicher Kanalbauten aufgeschlagen wird, sondern zukunftsweisende Technik das Tor zu weiteren Innovationen öffnet: »Wir denken im Hinblick auf den Klimawandel an weitere Effizienzsteigerungen durch Forschungsvorhaben, beispielsweise zur Eliminierung von Spurenstoffen aus Krankenhausabwässern oder zur Gewinnung von Wasserstoff aus Klärgas«, betont der Projektleiter der Emschergenossenschaft, Heiko Althoff. ■



Wirtschaft in der Wolke

Egal, ob es darum geht, ein neues Auto zu entwickeln, ein Schiff zu bauen, digitale Filme zu produzieren oder europaweit Supermärkte mit frischem Gemüse und Tiefkühlprodukten zu versorgen – immer müssen Unternehmen, die Produkte oder Dienstleistungen anbieten, riesige Datenmengen verarbeiten. Dabei kann Grid- und Cloud-Computing helfen: Viele Computer an verschiedenen Standorten werden miteinander vernetzt und teilen sich die Rechenarbeit. Das Cloud-Computing ermöglicht Unternehmen sogar den Zugriff auf Software und Hardware über externe Anbieter. Anwendungen und Daten befinden sich somit im übertragenen Sinn in einer Wolke – englisch »cloud«.

Im kürzlich abgeschlossenen EU-Projekt BEInGRID haben Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft Beispiele für den praktischen Einsatz von Grid- und Cloud-Computing in der Produktion, Finanz- und Landwirtschaft, Telekommunikation und Logistik erarbeitet. Am Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI wurden Lösungen für den Schiffbau und die Automobilindustrie entwickelt. »Wir konnten zeigen, dass Grid Computing den Entwurf neuer Autos oder Schiffe erheblich beschleunigt und so die Wettbewerbsfähigkeit der Automobilbauer und Werften steigern kann«, berichtet Ottmar Krämer-Fuhrmann vom SCAI.



Solartests in Singapur

Asiens Solarindustrie wächst rasant. Die Konkurrenz unter den Anbietern für Photovoltaik-Anlagen ist groß. Um in den internationalen Markt einsteigen und sich von anderen Wettbewerbern abheben zu können, benötigen die Hersteller Zertifizierungen für ihre Produkte.

Seit kurzem gib es in Südostasien ein Prüfzentrum, das diese Dienstleistung anbietet. Das Zentrum in Singapur wurde vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE gemeinsam mit dem VDE-Institut – das spezialisiert ist auf die Prüfung elektrotechnischer Geräte, Komponenten und Systeme – gegründet und kooperiert mit dem Solar Energy Research Institute of Singapore. Alle drei Partner bringen ihr Fachwissen mit ein. »Wir bieten in unserem Labor ein breites Spektrum an Tests an, von der Zertifizierung für Solarmodule und Modulkomponenten nach internationalen Standards bis zu Lebenszeit- und Leistungsmessungen sowie Sicherheitstests«, berichtet Dr. Hans-Martin Henning vom ISE. Ziel des neuen Prüfzentrums »VDE-Fraunhofer ISE Pte. New Energy Technology« ist es, den Ausbau der Solarenergie im asiatischen Raum zu unterstützen.



Gemeinsam noch besser werden

Zusammenarbeit über nationale Grenzen hinweg ist gut für die Forschung, denn sie erweitert den Horizont, bringt neue Impulse und Anregungen. Sie ist aber auch gut für Europa: Eine verstärkte Kooperation der Forschungsorganisationen stärkt die Position des Staatenbunds im globalen Wettbewerb. Im EU-Projekt AERTOs – die Abkürzung für Associated European Research and Technology Organisations – wollen jetzt fünf große Forschungs- und Technologieorganisationen eng zusammenarbeiten: die deutsche Fraunhofer-Gesellschaft, die niederländische Organisation für Angewandte Forschung TNO, die norwegische Forschungseinrichtung SINTEF, das Technische Forschungszentrum Finnland VTT, sowie die französische Energieforschungseinrichtung CEA.

Anfang dieses Jahres haben die ersten Forscherteams mit der Arbeit begonnen. Ein Schwerpunkt ist »energieeffizientes Bauen«: Die Wissenschaftler und Ingenieure – darunter auch Experten von Fraunhofer – bringen hier ihre Erfahrungen aus unterschiedlichen Klimazonen mit ein. Andere Forschergruppen beschäftigen sich mit dem Thema Windenergie – dem Bau und der Wartung von Turbinen, sowie der Integration von Ökostrom in die Netze. Auch hier steuern die Projektpartner unterschiedliche Kompetenzen bei. Die Fraunhofer-Forscher sind Spezialisten für Materialeigenschaften, die Experten von TNO und SINTEF bringen Vorwissen aus der Offshore-Förderung fossiler Rohstoffe ein.



Gesundes Saatgut

China ist das bevölkerungsreichste Land der Erde. Die Versorgung von 1,3 Milliarden Menschen ist für die Landwirtschaft eine enorme Herausforderung. Um die Erträge zu steigern, benötigen die Bauern hochwertiges Saatgut, das frei ist von Krankheitserregern.

Bisher wurden die Samen vor der Aussaat chemisch gebeizt. Durch das Beizen werden die Schad-Erreger abgetötet. Ein von Forschern am Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP entwickeltes Verfahren ist ebenso wirksam, birgt jedoch keine Risiken für Umwelt und Anwender. Die Elektronenbehandlung von Saatgut ist sogar für den ökologischen Landbau zugelassen.

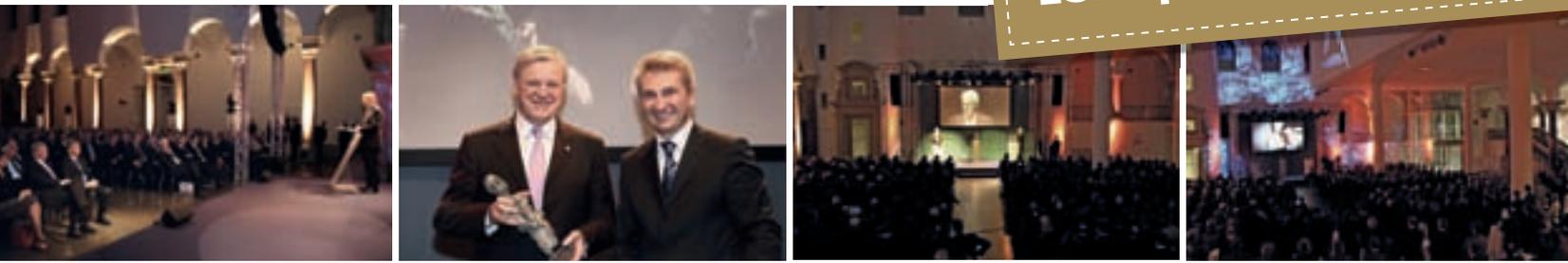
Eine Lösung auch für chinesische Bauern? Die Dresdner Forscher prüfen jetzt zusammen mit Experten der Shandong Academy of Sciences, ob die Saatgutproduzenten in der Volksrepublik von der »e-ventus®«-Technik profitieren können. Ein Memorandum of Understanding wurde unlängst unterschrieben.

Derzeit untersuchen Forscher des FEP und eines geplanten Spin-off-Unternehmens, welche technischen Voraussetzungen Elektronen-Generatoren erfüllen müssen, um die in China verbreiteten Keime und Sporen zuverlässig abzutöten. Für die großtechnischen Feldversuche soll dann ein mobiles Gerät nach China geschickt werden.



INNOVATIONSPREIS DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN

Bewerbungsschluss
15. April 2010



Der Innovationspreis des Landes Nordrhein-Westfalen

Der Innovationspreis des Landes Nordrhein-Westfalen ist mit 150.000 Euro dotiert. Ausgezeichnet werden die klügsten Köpfe in Hochschulen, Forschung und forschenden Unternehmen, die Innovationen zum Durchbruch verhelfen. Der Preis wird in den Kategorien Lebenswerk, Innovation und Nachwuchs vergeben.

Bewerbungsschluss ist der 15. April 2010. Der Preis wird am 15. November 2010 in Düsseldorf verliehen.

Teilnahmebedingungen: www.innovation.nrw.de/innovationspreis

Gemeinsam ans Werk

Logistik, Softwareentwicklung, Mikrotechnologie und Medizintechnik – große Forschungsthemen bearbeiten Unternehmer und Wissenschaftler gemeinsam in großen regionalen Netzwerken. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert fünf Spitzencluster mit insgesamt 200 Millionen Euro.

Text: Marion Horn

Wenige Klicks, und die Designerlampe aus Italien für das Arbeitszimmer ist bestellt. Der Lieferant schickt das edle Stück gut verpackt auf die Reise von Mailand nach Hamburg. Das Internet hat die Handelsbeziehungen nachhaltig verändert: Weltweites Einkaufen und individuelle Lieferungen sind inzwischen selbstverständlich und machen neue flexible und hochdynamische Logistiksysteme erforderlich. Dieser Herausforderung stellen sich 124 Unternehmen und 18 Forschungs- und Bildungseinrichtungen im EffizienzCluster Logistik-Ruhr. Der Forschungsbedarf ist hoch. »Unser Ziel ist es, individuelle Warenversorgung, Mobilität und Produktion mit 75 Prozent der Ressourcen von heute ökologisch zu meistern«, betont Professor Michael ten Hompel, geschäftsführender Leiter des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund und Initiator des Clusters.

Die Idee: Paletten, Container und Pakete suchen sich selbst den Weg zum Kunden. Dazu sind Module in der Größe von Streichholzschachteln in Paletten integriert. Diese intelligenten Funksysteme gewinnen die notwendige Energie durch Vibrationen aus der Umwelt. An solchen Nano-Telematikmodulen, die ihre aktuelle Position per Handyinfrastruktur übertragen, arbeiten Forscherinnen und Forscher am IML. »Wir entwickeln damit neue Servicepotenziale für effizientere und umweltschonende Prozesse in der Luftfracht, Briefpost oder für den Lebensmittelgroß- und -einzelhandel«, erklärt Niko Hossain, Projektleiter des IML. »Zu den Kooperationspartnern gehören u.a. die Lufthansa Cargo AG, die Deutsche Post und die REWE Group. Das Netzwerk wird von den Landesregierungen Nordrhein-Westfalen und Hessen begleitet sowie unterstützt von den Wirtschaftsförderungen, dem Initiativkreis Ruhr, der Logistikinitiative Rhein-Main, dem Fraunhofer IML, dem Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST, dem Zentrum für Logistik und Verkehr der Universität Duisburg-Essen, der TU Dortmund sowie der European Business School Wiesbaden. Entscheidend für den Erfolg der Kooperation ist der interdisziplinäre Ansatz, denn Logistik ist mit



den Prozessen der Wirtschaft eng verzahnt. »Wir erwarten durch die Entwicklung und Vermarktung von mehr als 100 Produkten bis 2015 ein Marktpotenzial von über zwei Milliarden Euro. Das sichert Arbeitsplätze«, sagt ten Hompel.

An vier der fünf Spitzencluster ist Fraunhofer beteiligt. Das BMBF unterstützt diese im harten Wettbewerb ausgewählten Netzwerke, um Schlüsseltechnologien marktnah zu entwickeln. Unter den Gewinnern des Wettbewerbs ist auch der Software-Cluster »Softwareinnovationen für das digitale Unternehmen«. Das Prinzip der emergenten Software gilt als Schlüsselinnovation für digitale und hochkomplexe Unternehmensstrukturen, sowie für das Internet der Zukunft. Emergente Software kombiniert dynamisch und flexibel eine Vielzahl von Komponenten unterschiedlicher Hersteller. Das Motto hierbei lautet: »Die Summe ist mehr als die einzelnen Teile.« Zu den insgesamt 39 Partnern der Kooperation gehören die Fraunhofer-Institute für Experimentelles Software Engineering IESE, für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM, für Graphische Datenverarbeitung IGD und für Sichere

Informationstechnologie SIT. Ein bedeutender Wachstumsmarkt ist die Medizintechnik. Der Bedarf an medizinischer Versorgung und Pflege steigt, denn die Menschen werden immer älter. Mehr als 70 Partner aus Wirtschaft, Forschung und Gesundheitsversorgung – darunter das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS – haben sich dem Ziel verpflichtet, Produkte und Dienstleistungen auf den Markt zu bringen, die die Qualität der medizinischen Betreuung steigern. Im Cluster Medical Valley Europäische Metropolregion Nürnberg werden beispielsweise Assistenzsysteme auf der Basis intelligenter Sensorik und funkbasierter Kommunikation entwickelt, die hilfsbedürftigen Menschen mehr Selbständigkeit ermöglichen.

Eine weltweite Spitzenstellung in der Mikrosystemtechnik möchten sich die insgesamt 330 Akteure des Clusters MicroTec Südwest, Baden-Württemberg erarbeiten. Gemeinsam ans Werk gehen Konzerne, mittelständische Unternehmen, Hochschulen, Universitätskliniken, Forschungseinrichtungen und acht Fraunhofer-Institute. ■

Auf Zukunftskurs

Am Logistikstandort Hamburg wird dieses Jahr die erste Fraunhofer-Einrichtung in der Hansestadt, das Fraunhofer-Center für Maritime Logistik CML, starten. Die Forscherinnen und Forscher erarbeiten Innovationen für Reedereien, Seehäfen, Speditionen und viele weitere Unternehmen der maritimen Wirtschaft.

Text: Marion Horn



Hamburg war das einzige von 16 Bundesländern ohne eine Fraunhofer-Einrichtung. © Lutz Gerken

Menschen und Waren reisen um die Welt. Mehr als 10 000 Schiffe laufen den Hamburger Hafen pro Jahr an. Etwa zwei Drittel davon sind Containerschiffe, Tendenz mittelfristig steigend. »Maritime Wirtschaft ist das Rückgrat des Welthandels. In der maritimen Logistik gilt es – jenseits der kurzfristigen Schwankungen der Nachfrage –, nachhaltige Netzwerke und Prozesse, Schiffsflotten und Hafenanlagen für die Zukunft zu gestalten. Angewandte Forschung wirkt dabei über die Logistik hinaus, wenn Volkswirtschaften effizient miteinander verbunden werden«, betont Prof. Dr. Uwe Clausen, Leiter des Dortmunder Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund.

Häfen und Reedereien, beteiligte Unternehmen und Behörden stehen vor großen Herausforderungen – sie sind ständig auf Innovationen angewiesen, um sich im globalen Wettbewerb zu behaupten. »Mehr als 90 Prozent der interkontinentalen Güterströme werden über den Seeweg transportiert. Immer mehr Waren müssen in immer kürzeren Zeiträumen verschifft und auf limitierten Terminalflächen umgeschlagen und

gelagert werden«, erklärt Professor Carlos Jahn vom Institut für Maritime Logistik der Technischen Universität Hamburg TUHH, der das CML künftig leiten wird.

Planung von Häfen, Wasserwegen und Terminals

Der Forschungsbedarf ist groß. Wie verlaufen die optimalen Wege der Container? Welcher Schiffstyp passt für welche Ladung? Wie werden die Güter auf engstem Raum schnell und zuverlässig verteilt? Es geht darum, alle Einzelschritte und technischen Systeme zu analysieren und zu verbessern. Dazu gehört die Planung von Seehäfen, Wasserwegen und Terminals, die Simulation von Schiffsbewegungen und die Prognose künftigen Bedarfs, die Anbindung an das Hinterland sowie der Einsatz von Ortungs- und Identifizierungstechnologien.

»Transport-, Logistik- und Hafenwirtschaft und die damit zusammenhängenden Dienstleistungen sind bedeutende Wirtschaftsfaktoren für die Metropolregion Hamburg. Die praxisorientierte

Forschung nutzt nicht nur der maritimen Wirtschaft, sondern auch unserem gesamten, exportorientierten Land,« freut sich Professor Clausen darauf. »Wir sind stolz, am größten Seehafen Deutschlands direkt an Ort und Stelle vertreten zu sein.« Das CML profitiert von der am IML in Dortmund, Prien und Frankfurt aufgebauten Kompetenz in der Verkehrslogistik sowie der Fraunhofer-Allianz Verkehr – einem Zusammenschluss von 18 Fraunhofer-Instituten – mit ihren nationalen und internationalen Verflechtungen.

Die Forscher des neuen Fraunhofer-Centers, das zunächst an das IML angebunden wird, arbeiten eng mit der Technischen Universität Hamburg TUHH zusammen. Untergebracht ist das zunächst sechsköpfige Team, das in den kommenden fünf Jahren auf mehr als 25 Mitarbeiter anwachsen soll, vorübergehend in den Räumen der TUHH. Für den fünfjährigen Aufbauzeitraum werden von der Stadt Hamburg sechs Millionen Euro bereitgestellt. Mit dem CML legt die Fraunhofer-Gesellschaft den Grundstein dafür, in allen 16 Bundesländern vertreten zu sein. Die Erfolge der Fraunhofer-Institute zeigen, welche herausragende Rolle sie in der regionalen Innovationslandschaft spielen. Als leistungsfähige Brücke zwischen Wissenschaft und Wirtschaft sorgen sie für raschen Technologietransfer – insbesondere für die regionalen Unternehmen. So entstehen im Umfeld von Fraunhofer-Instituten häufig Netzwerke, die andere Firmen anziehen und aus denen neue Unternehmen gegründet werden. ■



Herstellung von Dentalpräparaten aus dem neuen, ORMOCER®-basierten Material. © Fraunhofer ISC

An der Wurzel gepackt

Ansprechpartner: Dr. Herbert Wolter
herbert.wolter@isc.fraunhofer.de

Manchmal kann nur eine Wurzelbehandlung den Zahn retten. Ist er stark zerstört, entfernt der Zahnarzt den Nerv, schließt den entstehenden Hohlraum mit einem Füllmaterial dicht ab und verankert mit Befestigungszement einen Wurzelstift. Mit einem Komposit baut er den Zahn auf und setzt dann eine Krone darauf. Die unterschiedlichen Materialien verbinden sich dabei nicht immer optimal miteinander, teure Nachbehandlungen sind die Folge. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC in Würzburg haben mit ihren Kollegen der VOCO GmbH nun einen Werkstoff entwickelt, der sich für alle Komponenten und Schritte einer Wurzelkanalbehandlung eignet.

Basis dieses Stoffs ist ORMOCER®. Dieses Material wurde mit verschiedenen Nano- und Mikropartikeln kombiniert, um die höchst unterschiedlichen Anforderungen zu erreichen. So sollen die Stoffe, mit denen der Wurzelkanal gefüllt wird, beim Aushärten möglichst nicht schrumpfen, mit der Zahnhartsubstanz dicht abschließen und im Röntgenbild sichtbar sein. Das Material, aus dem der Zahn wieder aufgebaut wird, sollte dagegen die gleichen Eigenschaften aufweisen wie der Zahn selbst. In wenigen Jahren könnte die neue Entwicklung auf den Markt kommen.

Mobil mit regenerativer Energie

Ansprechpartnerin: Przemyslaw Komarnicki
przemyslaw.komarnicki@iff.fraunhofer.de

Mit Wind, Wasser und Sonnenenergie auf den Straßen unterwegs – umweltfreundlich und CO₂-neutral –, an dieser Zukunftsvision arbeitet ein großes Konsortium aus Forschungseinrichtungen sowie großen und mittelständischen Firmen in der Modellregion Harz.

Ziel des Projekts »Harz.ErneuerbareEnergien-mobility« ist es, die regional erzeugte regenerative Energie in einem ausgeklügelten Netz von Stromtankstellen für die Autofahrer zur Verfügung zu stellen. Durch intelligente Infrastrukturen und Informationstechnologien kann der Energiebedarf der Fahrzeuge mit dem schwankenden Angebot der regenerativen Energiequellen abgestimmt werden. In dem vom Bundesumweltministerium (BMU) geförderten Projekt arbeiten Wissenschaftler der Fraunhofer-Institute für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg und für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES in Bremerhaven an Energiesystemen und Fahrzeugmanagement (www.harzee-mobility.de).

Schwere Lasten im Griff

Ansprechpartner: Dipl.-Math. Michael Kieninger
michael.kieninger@lbf.fraunhofer.de

Kräne, Traktoren, Bagger und Schwertransporter haben ein hohes Eigengewicht und die Fähigkeit, enorme Lasten zu bewegen. Um die Sicherheit der Fahrzeuge zu prüfen, nutzen die Experten vom Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt Prüfstände, Messräder und Sensorik. In intensiven Testläufen werden die Bauteile und Fahrzeugkonstruktionen extremen Belastungen ausgesetzt. Die Messverfahren passen die Forscher an das jeweilige Fahrzeug an. Sie analysieren die gewonnenen Daten und bereiten für die Kunden umfassende Empfehlungen zur Bauteil- oder Fahrzeugoptimierung auf.



In die Messräder sind bis zu sechs Sensoren integriert, die alle auf das Fahrzeug wirkenden Einflüsse aufzeichnen.
© Fraunhofer LBF

Marion Schick neue Kultusministerin



Prof. Dr. Marion Schick. © Matthias Heyde

Seit Ende Februar ist Prof. Dr. Marion Schick die neue Kultusministerin von Baden-Württemberg.

Marion Schick war ab Oktober 2008 Vorstandsmitglied der Fraunhofer-Gesellschaft für den Bereich Personal und Recht. Vorher leitete sie acht Jahre lang die Fachhochschule München als deren Präsidentin. Sie war in Bayern die erste Frau an der Spitze einer Hochschule. Im Oktober 2006 berief der damalige Ministerpräsident von Bayern Edmund Stoiber Marion Schick in seine

Zukunfts-Kommission »Bayern 2020«. Schick wirkte wesentlich an einem Papier für eine umfassende Schulreform in Bayern mit. Baden-Württembergs Ministerpräsident Stefan Mappus bescheinigt ihr gerade im Bildungsbereich vielfältigste Erfahrungen.

Beliebter Tomatensaft



Der Tomatensaft erfreut sich bei Flugpassagieren großer Beliebtheit. © ddp

Tomatensaft ist eines der beliebtesten Getränke in Flugzeugen. Doch warum? Eine Testreihe des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP in im Auftrag der Lufthansa hat das Rätsel gelöst. Die Flugpassagiere nehmen den Geschmack von Tomatensaft am Boden und in der Luft völlig verschieden wahr. »Bei Normaldruck wird Tomatensaft deutlich schlechter benotet. Er wird als muffig beschrieben«, sagte die Andrea Burdack-Freitag vom IBP. Beim Fliegen ist der Kabinendruck niedrig und das verändert den Geschmack. Der Tomatensaft riecht angenehm fruchtig und schmeckt süß. Im Originalrumpf eines Airbus A310 nahmen zahlreiche Versuchs-

personen an einem großen Geschmackstest teil. Das Flugzeug steht in einer großen Niederdruckkammer, so dass der beim Flug übliche niedrige Kabinendruck simuliert werden kann. Viele Tester bewerteten die servierten Speisen als fade. Die Ursache: Die Geruchs- und Geschmacksschwelle liegt bei niedrigem Druck höher. Man riecht die Speisen und Getränke »als hätte man einen Schnupfen«. Salz, Zucker oder Kräuter werden in der Luft schwächer wahrgenommen als am Boden. Die Geschmacksschwelle von Säuren bleibt dagegen unverändert. Die Lufthansa will nun ihre Rezepte für die Bordmahlzeiten anpassen, wie die Wissenschaftlerin sagte.

Messen und Veranstaltungen

April

19. – 23. April

Hannover Messe

Technologiemesse zu den Themen Automation, Energie, Antriebs- und Fluidtechnik, Mobilität, Zulieferung und Nachwuchs

Mai

04. – 07. Mai

Control, Stuttgart

Internationale Fachmesse für Qualitätssicherung

18. – 20. Mai

SENSOR+TEST, Nürnberg

Internationale Fachmesse für Sensorik, Mess- und Prüftechnik

Juni

08. – 13. Juni

ILA, Berlin

Internationale Luft- und Raumfahrt Ausstellung

15. – 18. Juni

OPTATEC, Frankfurt

Internationale Fachmesse Optischer Technologien, Komponenten, Systeme und Fertigung für die Zukunft

Informationen zu allen Messen:

www.fraunhofer.de/messen

www.fraunhofer.de/veranstaltungen

Welf Zöller

Telefon +49 89 1205-1369

welf.zoeller@zv.fraunhofer.de

Personalien

Die Hochschulgruppe Arbeits- und Betriebsorganisation hat **Professor Hans-Jörg Bullinger**, den Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft, und **Professor August-Wilhelm Scheer**, Universität des Saarlandes, als neue Ehrenmitglieder aufgenommen. Damit würdigt die HAB die besonderen Verdienste der beiden langjährigen Mitglieder, die sich über viele Jahre in besonderer Weise für die Belange der Arbeits- und Betriebsorganisation eingesetzt haben.

Für die Entwicklung eines Photovoltaik-Wechselrichters mit einem Weltrekord-Wirkungsgrad von über 99 Prozent ehrte die private Stiftung Ewald Marquardt ein Team des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg mit einem Sonderpreis. **Professor Bruno Burger**, Leiter der Gruppe Leistungselektronik, nahm die Auszeichnung gemeinsam mit seinen Kollegen **Dipl.-Ing. Dirk Kranzer**, **Dipl.-Ing. Florian Reiners** und **Dipl.-Ing. Christian Wilhelm** entgegen.

Prof. Reimund Neugebauer, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz, ist der neue Präsident der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik. Der Gesellschaft gehören die führenden deutschen Professoren der Produktionstechnik an.

Neuer Vorsitzender des Fraunhofer-Verbunds IUK-Technologie ist **Prof. Dr. Matthias Jarke**. In dem Verbund sind 17 Fraunhofer-Institute zusammengeschlossen. Jarke leitet das

Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT in Sankt Augustin.

Professor Wilfried Sihn vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart, wurde die Ehrenprofessur der polytechnischen Universität Bukarest (Rumänien) verliehen. Sihn ist neben Professor Dieter Fellner einer der beiden Geschäftsführer der Fraunhofer Austria Research GmbH.

Der am Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM in Halle tätige Wissenschaftler **Stefan Ladisch** hat den mit 2000 Euro dotierten Preis »Mechatronik« der Karl-Kolle-Stiftung erhalten. Ladisch überzeugte die Jury mit seiner wissenschaftlichen Masterarbeit, in der das Verhalten von Rissen in Schaum-Sandwich-Strukturen beschrieben wurde.

Der Wissenschaftspreis 2009 des Landesbeauftragten für den Datenschutz geht an **Stefan Willenbrock** vom Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE in Kaiserslautern. Willenbrock erhält den Preis für seine Bachelorarbeit »Engineering Java-Bytecode to detect implicit Information Flow«.

Professor Dr. Michael Griebel von der Universität Bonn ist in die Institutsleitung des Fraunhofer-Instituts für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI in Sankt Augustin eingetreten. Gemeinsam mit Professor Dr. Ulrich Trottenberg führt das SCAI.

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
Fax +49 89 1205-77-1301
presse@zv.fraunhofer.de
www.fraunhofer.de/magazin

Abonnement:

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

Redaktion:

Franz Miller, Birgit Niesing (Chefredaktion)
Stefanie Heyduck, Marion Horn, Beate Koch,
Isolde Rötzer, Monika Weiner, Britta Widmann
Christa Schraivogel (Bild und Produktion)

Redaktionelle Mitarbeit:

Andreas Beuthner, Britta Danger, Klaus Jacob,
Jan Oliver Löffken, Bernd Müller, Michaela
Neuner, Hellmuth Nordwig, Monika Offen-
berger, Brigitte Röthlein, Tim Schröder, Evdoxia
Tsakiridou

Graphische Konzeption: BUTTER. Düsseldorf

Layout: Vierthaler & Braun, München

Titelbild: Jens Bonnke

Lithos + Druck: J. Gotteswinter GmbH,
München

Anzeigen: Heise Zeitschriften Verlag
Technology Review, Helstorfer Straße 7,
30625 Hannover, Telefon +49 511 5352-0
www.heise.de/mediadaten
Nächster Anzeigenschluss: 10.05.2010.

Bezugspreis im Mitgliedspreis enthalten.
© Fraunhofer-Gesellschaft, München 2010

Die neue Technology Review: Testen Sie jetzt 3 innovative Hefte!



Jetzt noch innovativer: das M.I.T.-Magazin für Innovation.

Noch gezielter wissen, was morgen wichtig wird, und noch frühzeitiger die erfolgversprechendsten Chancen nutzen. Die sorgfältig optimierte Technology Review präsentiert Ihnen die wichtigsten Trends jetzt noch viel übersichtlicher. Wir erläutern Ihnen spannende Hintergründe und verbinden als einziges Magazin in Deutschland Wissenschaft und Wirtschaft.

Als Publikation des renommierten M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology) zeigen wir Perspektiven für wirtschaftliches Wachstum und geben Ihnen Antworten auf die Fragen der Zukunft. **Lesen Sie jetzt 3 aktuelle Hefte im exklusiven Vorteils-Paket!**

Die Chancen früher begreifen.



Vorteils-Einladung: 3x Technology Review für nur € 13,50 frei Haus mit 34% Rabatt plus Geschenk. www.TRvorteil.de



»Erfinden Sie die
Zukunft mit uns.«

Foto: Matthias Heyde

Neugierig auf morgen? Sie studieren Mathematik, Ingenieurwissenschaften oder ein naturwissenschaftliches Fach? Dann starten Sie Ihre Karriere in der angewandten Forschung und entwickeln Sie mit uns Technologien und Produkte für die Zukunft.

Bewerben Sie sich jetzt unter www.zukunft-erfinden.de

 **Fraunhofer**