



Carbon in Serie



Energie

Windkraft-Giganten

Mikroelektronik

Grüne Elektronik

Werkstoffe

Recycling von Beton

Fraunhofer-Magazin

Ab Juni 2012 gibt es das
Fraunhofer-Magazin
»weiter.vorn« als iPad-
App im Zeitungskiosk.



Forschen für eine lebenswerte Zukunft



Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger. © Ansgar Pudenz

In den kommenden 40 Jahren wird die Weltbevölkerung um zwei Milliarden Menschen auf dann neun Milliarden Menschen anwachsen. Die Weltwirtschaft soll sich bis zum Jahr 2050 fast vervierfachen. Und fast zwei Drittel aller Menschen weltweit werden 2050 in Städten leben. Das erwartet die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD). Doch wie können wir unter diesen Voraussetzungen künftig die Nachfrage nach Nahrung, Wasser und Energie befriedigen? Dies kann nur gelingen, wenn wir sehr viel verantwortungsvoller mit unseren Ressourcen umgehen.

Die OECD sieht einen Lösungsweg in einer grüneren Industrie und einer grüneren Energieversorgung. Dabei kommt der Forschung und Entwicklung eine wichtige Rolle zu. Sie kann entscheidend dazu beitragen, dass zukünftiges Wachstum mit einem Bruchteil des aktuellen Ressourcenverbrauchs erreicht wird. Auch deshalb hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF das Wissenschaftsjahr 2012 »Zukunftsprojekt ERDE« unter das Motto »Forschung für nachhaltige Entwicklungen« gestellt.

Wissenschaftler der Fraunhofer-Gesellschaft entwickeln bereits seit Jahren Produkte und Verfahren mit direktem oder indirektem Bezug zur Nachhaltigkeit. Schwerpunkte sind Rohstoffeffizienz, Ressourcen- und Lifecycle-Management, biobasierte Rohstoffe, erneuerbare Energien, nachhaltige Mobilität und Wassermanagement. Einige aktuelle Beispiele finden Sie auch in dieser Ausgabe. In der Titelgeschichte erfahren Sie, wie der Leichtbauwerkstoff Carbon für die Serienfertigung fit gemacht wird. Kohlenstofffaser-verstärkte Kunststoffe können künftig helfen, das Gewicht von Autos und Flugzeugen zu senken und damit auch den Ausstoß an Kohlendioxid.

Wie Elektronik umweltfreundlicher und nachhaltiger gestaltet werden kann, ist Thema der internationalen Fachtagung »Electronics Goes Green« im Herbst, die das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM ausrichtet. An welchen Lösungen die Forscher derzeit arbeiten und welche nachhaltigen Produkte es schon gibt, stellt der Artikel »Grüne Elektronik« vor.

Eine wichtige Aufgabe der Zukunft ist es, die Ressourceneffizienz in der Produktion und im Produkt zu steigern. Die Fertigung mit weniger Rohstoffeinsatz eröffnet den Einstieg in ein verantwortungsvolles, nachhaltiges Wirtschaften. Der große Vorteil: Rohstoff- und Energieeinsparungen rechnen sich nicht nur für die Umwelt, sondern auch für die Unternehmen. Denn in vielen Branchen bestimmen Material- und Energiekosten schon längst maßgeblich den Preis des Endprodukts. So entfallen zum Beispiel im verarbeitenden Gewerbe mehr als 40 Prozent der Herstellungskosten auf den Materialverbrauch. Würde man den Rohstoffeinsatz nur um sieben Prozent reduzieren, ließen sich pro Jahr 48 Milliarden Euro einsparen. Das hat eine aktuelle Untersuchung des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI ergeben. Die rohstoffeffiziente Produktion ist aber nur ein erster Schritt. Künftig müssen wir noch weitergehen und das Wirtschaftswachstum vom Ressourcenverbrauch entkoppeln.

Die wachsende Weltbevölkerung, knapper werdende Rohstoffe und steigende Umweltschutzanforderungen sind schwerwiegende Herausforderungen. Wir sehen es als unseren Forschungsauftrag an – gemeinsam mit der Politik, Wirtschaft und der Gesellschaft – hier die Weichen für unsere Zukunft zu stellen.

Hans-Jörg Bullinger



08

Titelthema

Carbon in Serie

Der ultraleichte Werkstoff CFK ist auf dem Weg in die Großserie.



14

Windkraft-Giganten

Ein Teil unserer Energie sollen künftig riesige Offshore-Anlagen liefern.



28

Segeln mit Nerven aus Glas

Sensoren sollen Mast- und Schotbruch verhindern.



44

Das Labor der Zukunft

Noch erledigen Laboranten viele Arbeitsschritte von Hand.



46

Grüne Elektronik

Elektronische Geräte veralteten immer schneller.



56

Giganten des Meeres

Wie sich die Schifffahrt weiter entwickelt, untersucht eine Studie.

Inhalt

- 06 Spektrum
- 49 International
- 52 Gründerwelt
- 53 Kompakt
- 60 Fraunhofer inside
- 61 Panorama
- 62 Personalien
- 62 Impressum

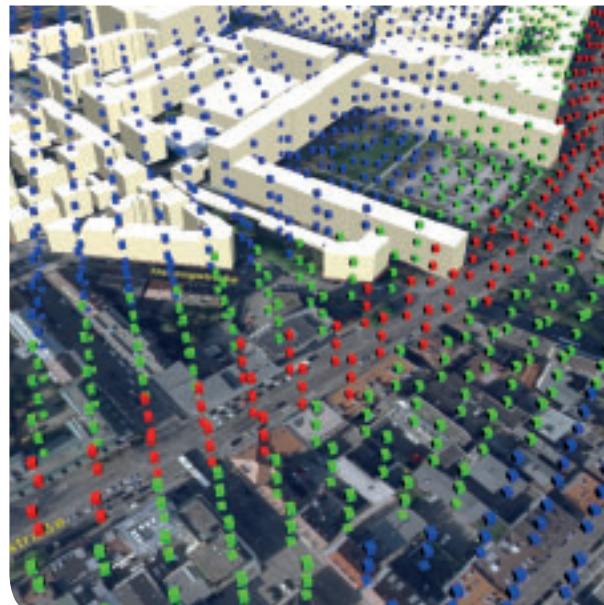
- Titelthema**
- 08 Carbon in Serie**
CFK wiegt nur halb so viel wie Stahl, ist aber genauso fest, crashsicher und rostet nicht.
- Energie**
- 14 Windkraft-Giganten**
Offshore-Anlagen sollen künftig bis zu 20 Megawatt Leistung liefern.
- Photonik**
- 18 Das Licht der Zukunft**
Forscher arbeiten an einer neuen Generation von Faserlasern.
- Informationstechnologie**
- 20 Kollaps-Prävention**
Um den Verkehrsinfarkt zu vermeiden, entwickeln Wissenschaftler neue Lösungen.
- 22 Auto und Handy**
Interaktive Anwendungen gibt es schon bald auch im Pkw.
- 24 Kabelloser Daten-Turbo**
Dank einer neuen Technik lassen sich riesige Datenmengen schnell via Funk übertragen.
- 26 Bauen im Zeichen der Wissenschaft**
Aktuelle Forschungsergebnisse sind in den Neubau des IAO eingeflossen.
- 28 Segeln mit Nerven aus Glas**
Sensoren messen Kräfte, die auf Rümpfe, Masten und Segel wirken.
- 30 Lernen unter Hochspannung**
Leichter lernen in einer virtuellen Umgebung.
- Ergebnis**
- 32 Erträge aus der Wirtschaft deutlich gesteigert**
Ergebnis: Die Fraunhofer-Gesellschaft ist im Jahr 2011 weiter gewachsen.
- Preisverleihung**
- 34 Zukunft heute gestalten**
Höhepunkt der Jahrestagung war die Vergabe der Wissenschaftspreise.
- 38 Ultrakurze Laserpulse**
Femtosekundenlaser mit Megawatt-Leistung.
- Funktionale Schichten aus der Plasmadüse**
- 38 Funktionale Schichten aus der Plasmadüse**
Neues Fertigungsverfahren für funktionelle Schichten.
- 39 Leistungsschub für Mikrochips**
Forscher entwickeln wesentliche Komponenten für die EUV-Lithografie.
- 40 Besser schmieren ohne Öl**
Mit Wasser läuft es wie geschmiert.
- 41 Laserscan bei voller Fahrt**
Ein 3D-Laserscanner sorgt auf Bahnstrecken für mehr Sicherheit.
- Produktion**
- 42 Kraft der Erinnerung**
Aktoren aus Formgedächtnislegierungen machen Autos leichter.
- Life Sciences**
- 44 Das Labor der Zukunft**
Noch bestimmt Handarbeit den Laboralltag. Das soll sich ändern.
- Mikroelektronik**
- 46 Grüne Elektronik**
Alte Elektro-Geräte sind zu wertvoll, um im Müll zu landen.
- 48 Softwareentwicklung leicht gemacht**
Digitale Werkzeuge analysieren die Software für sicherheitskritische Komponenten.
- Werkstoffe**
- 50 Blitz, schlag' ein!**
Beton lässt sich wiederverwerten.
- Logistik**
- 54 Leicht verdauliche Daten-Kost**
Food Chain Management macht die Geschichte von Lebensmitteln transparent.
- 56 Giganten des Meeres**
Schifffahrt 2020: Containerschiffe werden immer größer, die Häfen auch.
- 58 Navi fürs Einkaufszentrum**
Neue Technik lotst sicher durch Gebäude.

Die Stadt der Zukunft planen

Feinstaub, Fluglärm und das Rauschen von Autobahnen beeinträchtigen die Anwohner. Städteplaner müssen viele Informationen berücksichtigen, wenn sie etwa neue Straßen oder den Ausbau von Flughäfen planen. Wie lässt sich das Bauprojekt am besten durchführen? Inwieweit lassen sich Nerven und Ohren der Anwohner vor Lärm schützen? Dies ermitteln die Experten bisher über Simulationsmodelle. Basis sind die aktuellen EU-Richtlinien. Die Daten erhalten sie als 2D-Übersichtskarten, die jedoch oft schwer zu interpretieren sind, da die räumliche Information fehlt.

In Zukunft geht das einfacher: Der Städteplaner bewegt sich computergestützt virtuell durch eine dreidimensionale Ansicht der Stadt, er »läuft« also durch die Straßen. Die entsprechenden Werte aus der Simulation »schweben« an den zugehörigen Positionen in der 3D-Karte – bei Lärmdataen könnten sie etwa durch rote, gelbe oder grüne Kästen dargestellt sein. Entwickelt wurde die 3D-Karte von Forschern an den Fraunhofer-Instituten für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO und für Bauphysik IBP.

rote, blaue und grüne Würfel kennzeichnen die Lärmbelastung.
© Fraunhofer IAO



Schnitzel vegetarisch

Es sieht aus wie ein Schnitzel, es ist ebenso saftig und faserig und es kaut sich sogar wie ein richtiges Schnitzel – doch die Zutaten sind zu hundert Prozent pflanzlich. Welche das sind, und wie sie sich in ein Produkt verarbeiten lassen, das so schmeckt wie Fleisch, haben Forscher im EU-Projekt »LikeMeat« untersucht. Ziel der Forscher: Das Produkt sollte gut haltbar sein, nicht teurer als Fleisch und für Vegetarier beziehungsweise Allergiker geeignet.

An der Entwicklung beteiligt sind neben den Wissenschaftlern vom Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV auch Experten der Wiener Universität für Bodenkultur, Konsumforscher der niederländischen Universität Wageningen sowie elf kleine und mittelständische Unternehmen, die Lebensmittel oder Lebensmittelzutaten herstellen oder handeln. Darunter sind auch zwei österreichische und eine niederländische Firma, die bisher nur Fleisch verarbeiten sowie ein Bio-Food-Hersteller aus Spanien. Gemeinsam erarbeiten die Experten eine einfache Produktionskette. Für die Produktion eignen sich Weizen und Erbsen, Lupinen und Soja.

Die Hauptzutaten – Wasser und Pflanzenproteine – werden aufgekocht und langsam abgekühlt. Mit sinkender Temperatur beginnen die Eiweißmoleküle Ketten zu bilden. So entsteht eine faserige Struktur, die der von Fleisch sehr ähnlich ist.

Die Zutaten dieses Schnitzels sind zu 100 Prozent pflanzlich.
© Fraunhofer IVV

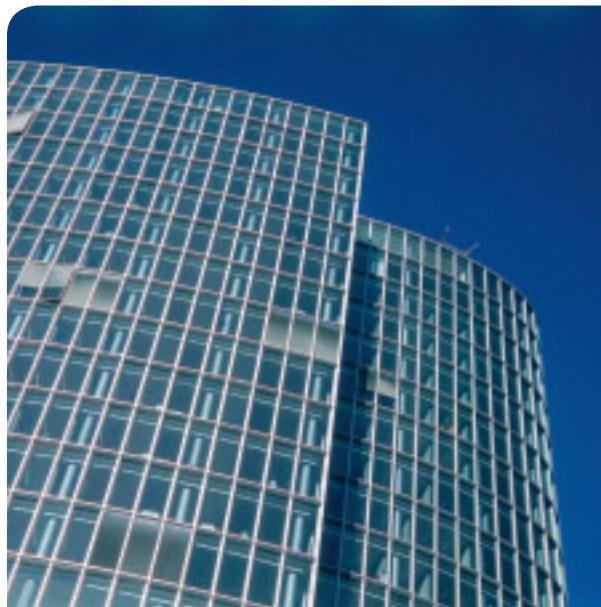


Genügend Licht

Viel Zeit verbringen Menschen in Innenräumen – in Wohngebäuden, Bürohäusern, Altenheimen, also nicht bei natürlichem Licht. Erhalten die Rezeptoren in der Netzhaut jedoch zu wenig Strahlung im Wellenlängenbereich von 380 bis 580 nm, kann es zu einer Störung des Melatonin-Haushalts führen.

Die Folge: Der Mensch fühlt sich unwohl, er schläft schlecht und kann depressiv werden. Besonders Blauanteile des Lichts steuern den Melatonin-Spiegel. Forscher am Fraunhofer-Institut für Silicaforschung ISC arbeiten an Gläsern mit maximaler Lichtdurchlässigkeit, also möglichst reflexionsarmen Fensterscheiben. Sie entwickeln dazu spezielle Beschichtungen. Diese Schichten sorgen dafür, dass die für den Melatonin-Spiegel notwendige Strahlung auch in die Innenräume gelangen kann.

Spezielle Schichten auf dem Glas sorgen für mehr Wohlbefinden der Menschen in Innenräumen. © MEV



Weniger Reibungsverluste

Lebensdauer und Leistungsfähigkeit von Motoren, Pumpen und Dichtsystemen hängen stark von ihrer Belastung ab. Durch ständige Reibung verschleißt die Oberflächen der beweglichen Teile im industriellen Einsatz besonders schnell. Selbst Schmiermittel können diesen Prozess nur verzögern, aber nicht aufhalten. Forscher vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT arbeiten deshalb im Projekt »Stokes« gemeinsam mit sieben weiteren Partnern aus sechs europäischen Ländern an einem Verfahren für die Serienfertigung, das die Reibung der beanspruchten Oberflächen verringern soll.

Dazu werden mit dem Laser Mikrostrukturen in die Kontaktflächen von Pumpen und Dichtungen eingebracht. So können die beweglichen Teile leichter aufeinander gleiten, auch Schmiermittel verteilen sich gleichmäßiger. Das verringert nicht nur den Verschleiß der hochbeanspruchten Komponenten, sondern es verbessern sich gleichzeitig auch Leistung und Energieverbrauch.

Tribologisch wirksame Laserstrukturen auf Hydraulikkomponenten.
© Fraunhofer IPT



Carbon in Serie



Das Fahrrad kann vollautomatisch hergestellt werden.
© Christoph Knoch

Leicht, ~~crashsicher~~ und ~~rostfrei~~ - Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe haben einige Vorteile. In der Formel 1 und in der Luftfahrt ist das teure Material bereits seit Jahren im Einsatz. Doch im Autobau wird es bislang nur selten verwendet. Der Grund: Noch lässt sich der ultraleichte Werkstoff nicht in Serie fertigen und weiterverarbeiten. Das soll sich ändern.

Text: Birgit Niesing

Groß, leistungsfähig und mit möglichst vielen Extras wie Klimaautomatik, Sitzheizung, Einparkhilfe oder Navigationsgerät – so wünschen sich die meisten Käufer ihr neues Auto. Doch mehr PS, Komfort und Sicherheit machen sich auf der Waage bemerkbar. Sogar Klein- und Mittelklasse-Pkw wiegen heute mehr als 1,2 Tonnen. Zum Vergleich: 1983 betrug das Gewicht eines Golf II nur 870 Kilogramm.

Doch nun müssen die Autobauer an das Gewicht der Wagen heran: Von 2015 an sind alle Pkw-Hersteller verpflichtet, den CO₂-Ausstoß ihrer Modelle im Schnitt auf 120 Gramm pro Kilometer zu senken, bis zum Jahr 2030 sogar auf weniger als 95 Gramm, so schreibt es der Gesetzgeber vor. Und das ist nur mit radikalem Abspecken zu schaffen. Denn je leichter ein Auto ist, desto weniger Kohlendioxid stößt es in die Luft aus. Bereits 100 Kilogramm weniger Gewicht bedeuten pro Kilometer 8,8 bis 12,5 Gramm weniger Kohlendioxid-Emissionen. Abnehmen müssen insbesondere auch Elektroautos: Denn sie haben als zusätzlichen Ballast eine Batterie an Bord. Und ein Lithium-Ionen-Akku bringt schnell mehrere hundert Kilogramm auf die Waage.

Diese CO₂-Regulierung sorgt für ein kräftiges Wachstum im Leichtbau, erwartet die Beratungsagentur McKinsey. Der Markt wächst von derzeit 70 Mrd. Euro auf mehr als 300 Mrd im Jahr 2030. Das ist das Ergebnis einer Anfang des Jahres

veröffentlichten Studie. Künftig werden immer mehr hochfester Stahl, Aluminium, Magnesium und Verbundwerkstoffe im Auto verbaut. Ein Hoffnungsträger ist das Leichtbaumaterial Carbon (carbonfaserverstärkter Kunststoff, CFK; auch kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff genannt). Die Nachfrage nach CFK werde jährlich um fast 20 Prozent steigen, so die Studie.

Noch ist der Bedarf an Carbon recht gering. Im vergangenen Jahr wurden etwa 55 000 Tonnen umgesetzt, so die Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe. Zurzeit setzen vor allem Flugzeugbauer den Werkstoff ein. Doch bis zum Jahr 2030 werde die Autoindustrie der Hauptabnehmer von Carbonfasern sein, noch vor der Luftfahrtindustrie, erwartet McKinsey. Schon jetzt bringen sich die Fahrzeughersteller dafür in Position. Fast jeder Autobauer sucht eine Zusammenarbeit mit einem Carbonfaser-Hersteller.

Doch warum setzen die Autobauer auf dieses mattschwarze Material? »Die kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffe verfügen über ein riesengroßes werkstoffliches Leichtbau-Potenzial«, weiß Professor Holger Hanselka, Vorsitzender des Fraunhofer-Verbunds Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS. CFK wiegt nur etwa halb so viel wie Stahl, ist aber genauso fest, ~~crashsicher~~ und ~~rostet nicht~~. Im Vergleich zu Aluminium spart Carbon noch einmal 30 Prozent Gewicht ein. Allerdings hat der Wunder-Werkstoff auch einige Nachteile. Carbon ist

E-Motor

Kohlenstofffaserverbund-Rad mit Motorglocke und Radnabenmotor im Schnitt.
© Fraunhofer LBF

sehr teuer. Noch kosten CFK-Bauteile etwa sechsmal mehr als die gleichen Komponenten aus Stahl. Sie werden meist in Handarbeit gefertigt (siehe Kasten S. 13). Arbeitet man auf Epoxidharzbasis, müssen die Kunststoffe polymerisieren, und das dauert Stunden. Das passt nicht mit einer Großproduktion zusammen, in der pro Tag zig-tausend Komponenten benötigt werden. Zudem lässt sich der Verbundwerkstoff bisher nur schwer wiederverwerten.

Das soll sich ändern: Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile hat bereits vor fünf Jahren eine Strategie erarbeitet, in welchen Bereichen Fraunhofer die Industrie bei der Etablierung des neuen Materials unterstützen kann. Fraunhofer konzentriert sich dabei auf zwei Schwerpunkte: Im »Forschungszentrum CFK Nord« in Stade arbeiten die Wissenschaftler der Fraunhofer-Projektgruppe »Fügen und Montieren FFM« an neuen automatisierten Montagetechnologien für Bauteile aus carbonfaserverstärkten Kunststoffen im XXL-Maßstab. Die Fraunhofer-Projektgruppe »Funktionsintegrierter Leichtbau«, gegründet 2009 als Außenstelle des Fraunhofer-Instituts für Chemische Technologie ICT in Augsburg, will Carbon für die Serienfertigung fit machen. Darüber hinaus untersuchen die Wissenschaftler des Verbunds, wie sich Bauteile aus Carbon bei einem Unfall verhalten, welche Schadensmechanismen greifen und wie sich die Lebensdauer vorhersagen lässt. Wichtige Grundlagen für den Einsatz von Carbon erarbeiten auch die Fraunhofer-Allianz Leichtbau und das Innovationscluster »Hybrider Leichtbau KITE hyLITE«.

Damit der Werkstoff wirklich in Massenprodukten eingesetzt werden kann, muss vor allem der Preis herunter. »Unser Ziel ist es, die Herstellungskosten von CFK-Bauteilen um 90 Prozent zu reduzieren. Das wollen wir vor allem über neue Produktionsverfahren erreichen, die sich auch für Großserien eignen«, sagt Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler, Leiter der Projektgruppe »Funktionsintegrierter Leichtbau« und Inhaber des Lehrstuhls für Carbon Composites an der TU München.

CFK vollautomatisch herstellen

Für die Automobilindustrie haben die Augsburger Forscher bereits ein neuartiges Fertigungsverfahren entwickelt. Dabei kombinieren sie die Flechtmaschine, die üblicherweise im Textilbereich verwendet wird, mit einer Pultrusionsanlage, die Forscher des ICT weiterentwickelt haben. Die Flechtmaschine bringt die trockenen Carbonfasern in die richtige Form, die Pultrusionsmaschine ummantelt sie mit Harz. Das Besondere: Alle Schritte laufen vollautomatisch ab. Die Fasern müssen nicht mehr wie bisher üblich per Hand in das Werkzeug eingelegt und ausgerichtet werden. Entwicklungspartner in dem vom Bundesforschungsministerium geförderten Projekt sind die Audi AG und die Maschinenbaufirma Voith. Dass sich CFK-Bauteile durchaus automatisiert herstellen lassen, haben die Forscher bereits gezeigt: an einem Fahrrad. Eine Aus-



In Landshut hat BMW die Produktion von Carbon-Teilen für den BMW i3 gestartet.
© Harry Zdera

gründung aus der TU bringt demnächst das vollautomatisch hergestellte Carbon-Bike auf den Markt. Die Fraunhofer-Projektgruppe »Funktionsintegrierter Leichtbau« ist Mitglied in dem Spitzencluster MAI Carbon. Darin haben sich 72 Unternehmen, Bildungs- und Forschungseinrichtungen sowie unterstützende Organisationen aus der Region München-Augsburg-Ingolstadt zusammengetan, um die kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffe serienreif zu machen.

Autohersteller arbeiten an Serienfertigung

Vor allem Autofirmen und Zulieferer arbeiten daran, die Herstellung und Handhabung des schwarzen Materials in die Serienfertigung zu integrieren. Vor wenigen Monaten hat der bayerische Autobauer BMW in Landshut die Produktion von Carbon-Teilen für den BMW i3 gestartet. Das Elektroauto soll bereits vom kommenden Jahr an in Leipzig vom Band rollen. Der i3 wäre dann das erste Großserienfahrzeug mit einer Fahrgastzelle aus Carbon.

Der Werkstoff Carbon ist besonders für Elektrowagen interessant. Das ultraleichte Material hilft die Reichweite der E-Mobile zu erhöhen. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt haben ein CFK-Rad mit integriertem Elektromotor entwickelt. Das mattschwarze Autorad hat eine Größe von 6,5 x 15 Zoll und wiegt nur 3,5 Kilogramm – ohne Carbon-

Glocke zur Integration des Elektromotors. Das bedeutet eine Gewichtersparnis von bis zu 60 Prozent gegenüber einem Aluminium-Gussrad.

Im Flugzeugbau wird der ultraleichte Werkstoff schon seit einigen Jahren erfolgreich eingesetzt – etwa für Flügelklappen oder Leitwerke. Künftig sollen sogar gesamte Flugzeugrumpfe oder Tragflächen aus CFK hergestellt werden, wie beim neuen Airbus A350 XWB (Xtra Wide Body) oder dem Dreamliner von Boeing. Die geplanten Produktionsraten sind mit der bisherigen Handarbeit nicht mehr zu bewältigen. Deshalb setzt auch die Luftfahrtindustrie auf Automatisierung. Im »CFK NORD« in Stade arbeiten Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Hochschulen an zukunftsfähigen Lösungen für den Einsatz von Carbon in der Luftfahrt. Darunter maßgeblich die 2009 gegründete Projektgruppe »Fügen und Montieren FFM« des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM. Die Forscher entwickeln automatisierte Montagetechnologie für Großbauteile aus CFK.

Für den Flugzeugbau sind Lösungen im XXL-Maßstab gefragt. Bereits einzelne Rumpfsegmente erreichen eine Länge von zehn Metern und mehr. Dennoch müssen sie hochpräzise im Jet verbaut werden: Bei der Montage tolerieren die Flugzeugbauer lediglich Abweichungen von maximal 0,2 Millimetern. Um die gewichtigen Bauteile genau in Position zu bringen,

setzen die Produzenten bislang auf massive Fabrikationsanlagen, Montagezellen genannt. Doch die Errichtung solcher Systeme ist aufwändig und teuer. Zudem müssen sie für den jeweils nächsten Flugzeugtyp neu angefertigt werden, was die Bau- und Produktionskosten erhöht. Gefragt sind Konzepte, die die Flugzeugmontage – insbesondere das hochpräzise Bohren, Fräsen und Kleben – flexibler, einfacher und wirtschaftlicher machen. Die Lösung der Experten der Projektgruppe FFM: Flugzeuge sollen künftig – ähnlich wie in der Automobilindustrie – von einem Ensemble aus vielen kleinen Industrierobotern mechanisch bearbeitet und zunehmend auch geklebt werden.

Doch dazu müssen die Roboter sehen lernen. Denn die Komponenten können in Form und Größe soweit abweichen, dass ein starr programmierter Roboter nicht einsetzbar ist. »Wir entwickeln deshalb ein präzises Erkennungssystem, das die Bauteile während der Montage exakt vermisst«, erläutert Dr. Dirk Niermann, FFM-Leiter in Stade. Hinzu kommt eine leistungsstarke Software, die in Sekundenbruchteilen die Koordinaten ermittelt, nach denen Roboter ihre Bearbeitungsbahnen sowie Form und Lage der Werkstücke ausrichten müssen, damit am Ende alles passt. Gemeinsam mit der TU Hamburg-Harburg und Industriepartnern haben Forscher der Projektgruppe bereits eine Versuchsanlage aufgebaut, in der Roboter automatisiert die Fenster aus dem CFK-Rumpf herausfräsen. Auch eine weitere wichtige Komponente für die Montagestraße haben die Forscher bereits angefertigt: eine Anlage mit speziell entwickelten Greifern für die Form- und Lagekorrektur, die Flugzeugbauteile mit verschiedenen Geometrien flexibel aufnehmen kann.

Einsatz von Robotern

Eine andere Automatisierungs-Lösung für die Luftfahrt hat die Projektgruppe »Funktionsintegrierter Leichtbau« gemeinsam mit Premium Aerotec und Eurocopter entwickeln. Kern ihres Ansatzes ist ein Roboter mit einem Legekopf: Er greift die mit Harz ummantelten Carbonfasern und legt sie auf dem Werkzeug ab. Hier werden die Fasern dann ausgehärtet. Das automatisierte Verfahren eignet sich für Großserien und liefert gute sowie gleichbleibende Qualität. Zudem entsteht kein Verschnitt. Momentan arbeitet der Roboter Tag und Nacht im Augsburger Labor. Die Bauteile, die er herstellt, werden bei Airbus geprüft.

Komponenten aus CFK ist sehr arbeitsintensiv. Die kunststoffgetränkten Carbonfasern härten in einer Form bei hohen Temperaturen aus. Damit sich das fertige Bauteil auch aus der Form lösen lässt, muss diese ähnlich wie beim Backen vorher »eingefettet« werden. Der Nachteil: Oft bleiben Trennmittel wie Wachs oder Silikon am Bauteil hängen. Bevor es verarbeitet werden kann, müssen die Reste mühsam entfernt werden.

Experten des IFAM haben eine clevere Alternative entwickelt: die tiefziehfähige Trennfolie FlexPlas®, die sich durch Unterdruck der Form wie eine zweite Haut anschmiegt. Die elastische Polymerfolie ist mit einer flexiblen plasmapolymeren Trennschicht ausgestattet. Dank FlexPlas® lässt sich das Bauteil leicht aus der Form herauslösen. Eine anschließende Reinigung von Form und Bauteilen ist nicht notwendig. Zudem können die Forscher über FlexPlas® gezielt noch weitere Funktionen hinzufügen. Wird zum Beispiel ein Lack auf die Trennfolie aufgebracht, kommt das Bauteil schon fertig lackiert aus der Form. Bleibt die Folie auf den hergestellten Bauteilen, schützt sie diese gegen Verschmutzungen und Beschädigungen. Vor Gebrauch lässt sie sich einfach abziehen – etwa von einem Roboter.

Fraunhofer-Forscher arbeiten noch an weiteren Ansätzen, um die Herstellung und Verarbeitungen von Carbon-Bauteilen zu automatisieren. So haben zum Beispiel Ingenieure des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen das »Tape-Legen« entwickelt. Dabei kommen in aufschmelzbarem Thermoplast integrierte Kohlenstofffasern von der Rolle. Die Tapes werden in mehreren Bandlagen aufeinander gestapelt, kurz vor dem Ablegen mit dem Laser angeschmolzen und dann zu einer kompakten Struktur zusammengepresst. Damit lassen sich faserverstärkte Kunststoffe vollautomatisch herstellen. Um Bauteile aus Faserverbundwerkstoffen miteinander hoch belastbar zu verbinden, sind optimierte und gleichzeitig wirtschaftliche Fügeverfahren erforderlich. Daran arbeiten unter anderem die Klebetechnologie-Experten des Fraunhofer IFAM in Bremen. Faserverbund-Bauteile lassen sich auch mittels Laser zusammenfügen. Hier entwickeln Experten des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnologie ILT in Aachen Lösungen. Der Laser ist auch ein ideales Werkzeug, um Carbon zu schneiden, strukturieren oder bohren.

Nicht nur Flugzeug- und Autohersteller, sondern auch Maschinenbauer schauen aufs Gewicht. Ihr Ziel: Die Maschine soll ohne zusätzliche Antriebe mehr produzieren. Die dazu erforderliche höhere Dynamik wird durch leichtere Bauteile erreicht. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz haben für eine Laserschneidanlage einen Querbalken in Kohlenstofffaser-Verbund-Bauweise konzipiert. Das Ergebnis kann sich sehen lassen: Es wurde nicht nur die Masse halbiert, sondern gleichzeitig die Bauteilesteifigkeit verdoppelt. Gegenüber der optimierten Stahlvariante bedeutet das eine Erhöhung der dynamischen Steifigkeit um den Faktor 4. Dadurch lässt sich die Produktivität um etwa 70 Prozent erhöhen. Der Einsatz des teuren Werkstoffs rechnet sich für die Trumpf Sachsen GmbH: Nach nur 3,5 Monaten haben sich die Mehrkosten amortisiert. Das zeigt: Carbon ist ein interessanter Werkstoff für viele unterschiedliche Branchen. ■



www.fraunhofer.de/audio



Im Flugzeug sind immer mehr Komponenten aus Carbon. © dpa

CFK - leicht und sicher

Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff, auch CFK (Carbonfaserverstärkter Kunststoff) oder umgangssprachlich nur Carbon genannt, gilt als Leichtbau-Werkstoff der Zukunft. Das Geheimnis dieses hochfesten Materials ist die Kohlenstofffaser. Die nur 5–8 Mikrometer dicke Carbonfaser ist zehnmal dünner als ein menschliches Haar. Etwa 1000 bis 24 000 Einzelfasern werden zu einem Bündel zusammengefasst. Das schwarze Garn lässt sich zu Stoffen weiterarbeiten. Danach werden die Karbon-Gelege in eine Kunststoffmatrix eingebettet. In einer Form härtet das Material aus – meist bei hohen Temperaturen. Erst nach dem »Backen« erhält die Verbindung schließlich ihre harte, finale Form.

Karbon gibt es seit fast fünfzig Jahren. Bislang wird das Material vor allem in der Raum- und Luftfahrt, der Formel 1, im Highend-Fahrradbau oder in einigen hochwertigen Sportwagen eingesetzt. Wissenschaft und Industrie arbeiten daran, den Werkstoff jetzt auch für die Großserie fit zu machen.



Der Roboter fräst Fensteröffnungen aus einer CFK-Flugzeugrumpfschale. © Fraunhofer IFAM

Windkraft-Giganten

Bis zum Jahr 2030 sollen Offshore-Windparks mit einer installierten Leistung von insgesamt 20 bis 25 Gigawatt errichtet sein. So das ehrgeizige Ziel der Bundesregierung. Damit das gelingt, werden auch große Windanlagen mit bis zu 20 Megawatt Leistung auf hoher See benötigt. Bislang liefern Offshore-Windräder etwa bis zu fünf Megawatt.

Text: Daniel Hautmann

Die Windkraft-Anlagen auf hoher See werden künftig noch größer werden. © Matthias Ibelser/alpha ventus



Alpha Ventus

Die Energieversorgungsunternehmen EWE, E.ON und Vattenfall haben gemeinsam das Testfeld »alpha ventus« aufgebaut. Der erste deutsche Offshore-Windpark ist ein Demonstrations- und Forschungsobjekt zugleich. Im vergangenen Jahr haben die zwölf Windenergieanlagen auf hoher See mehr als 267 Gigawattstunden Strom ins deutsche Übertragungsnetz eingespeist. Damit lag die von alpha ventus erzeugte Strommenge um etwa 15 Prozent über dem prognostizierten Jahreswert.



www.alpha-ventus.de



Immer größer, immer leistungsstärker. So einfach lässt sich die Entwicklung der Windkraft beschreiben. Waren in den 1990ern noch 250-Kilowatt-Maschinen auf 30-Meter-Türmen Standard, so sind es heute 100 Meter hohe und zwei Megawatt (MW) starke Anlagen. Offshore, auf See, sind gar fünf MW Nennleistung die Norm. Doch das ist erst der Anfang.

Wie die Zukunft der Windkraft aussehen könnte, haben Forscher in dem EU-Projekt »UpWind« untersucht. Beteiligt daran waren 120 Forscher verschiedener europäischer Einrichtungen, darunter auch Experten des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES in Bremerhaven. Gemeinsam haben sie das technisch Machbare ausgelotet. Ihr Fazit: 20 MW starke Windturbinen sind realistisch. »Die ersten Großanlagen könnten 2020 stehen«, schätzt Prof. Dr. Andreas Reuter, Leiter des IWES.

 www.upwind.eu

In Bremerhaven haben die IWES-Forscher eine neue Rotorblattprüfhalde aufgebaut: Der 90-Meter-Teststand wird den Bedürfnissen der ganz großen Windräder (mehr als 10 MW) gerecht. Herzstück dieser Testanlage ist ein fast 1000 Tonnen schwerer Stahlbetonblock, der sich wie eine Klappbrücke kippen lässt. Mit ihm kann man die riesigen Rotorblätter wie einen Strohalm verbiegen. Bis zu 25 Meter Durchbiegung an der Blattspitze werden bei den Tests erreicht. Mit Hilfe dieser und weiterer Untersuchungen können die Forscher feststellen, ob die großen Rotorblätter den Belastungen während des Betrieb auf See standhalten.

Dass die Windräder immer größer und leistungsfähiger werden, hat einen Grund: Viele Regierungen setzen auf erneuerbare Energien und wollen so ihren CO₂-Ausstoß und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen verringern. In der EU sollen 2020 etwa 20 Prozent der Energie aus regenerativen Quellen sprudeln. Offshore-Windkraft spielt hierbei eine zentrale Rolle. Geht es nach der European Wind Energy Association, dann sind 2030 europaweit 200 Gigawatt (GW) vor den Küsten Europas installiert. Das entspräche 40 000 Anlagen mit je fünf MW oder eben 10 000 mit 20-MW-Leistung.

Größere Anlagen haben einige Vorteile: Sie sparen zum Beispiel Platz. Statt vier kleiner

Windräder mit den nötigen Abständen zueinander, benötigt die neue Klasse bei gleicher Leistung weniger Grundfläche. Zudem lässt sich das Wetterfenster, einer der kritischsten Faktoren bei der Offshore-Installation, besser nutzen. Statt vier Anlagen muss nur eine aufgebaut und angeschlossen werden.

Doch wie sieht so ein Mega-Windrad aus? Das einfache Hochskalieren, à la wir bauen Turm, Generator und die Flügel einfach doppelt so groß, führt nicht zum Ziel. »Das Upscalen der heutigen Designs mit der verfügbaren Technik hat Grenzen. Wir brauchen neue Entwürfe und neue Materialien«, schreibt Bert Janssen vom Energy Research Centre of the Netherlands (ECN), im UpWind-Abschlussbericht. Daran glaubt auch Andreas Reuter: »Ich kann mir sehr gut vorstellen, dass eine Anlage im Jahr 2020 anders konstruiert ist.«

Windräder mit zwei Flügeln

Wie die Lösung aussehen könnte, zeigt das niederländische Unternehmen 2-B Energy mit einer zweiflügeligen Anlage. Die beiden Flügel sind lang und können daher mit dünnerem Profil gebaut werden, was Material spart. Die Turbine ist als Leeläufer ausgelegt. Das heißt: Der Propeller dreht sich hinter dem Turm, also auf der windabgewandten Seite. Dadurch müssen die Flügel der sich ändernden Windrichtung nicht nachgeführt werden – Leeläufer richten sich selbst aus. Das spart Bauteile. Weiterer Vorteil: Sogar bei extremer Durchbiegung können die Flügel nicht mit dem Turm kollidieren. Die Zweiflügler lassen sich zudem einfacher montieren. Bereits auf dem Errichterschiff werden Maschinenhaus und Flügel verbunden.

Die ersten beiden Prototypen der 6-MW-Anlage sollen 2013 im schottischen Methil aufgebaut werden. Wenn sie sich bewähren, könnten in Zukunft auch andere Offshore-Anlagen-Hersteller auf das dritte Blatt verzichten. An Land hätten solche Entwürfe jedoch keine Chance. Zu laut sind sie und zu unharmonisch ist ihre Drehbewegung.

Mit oder ohne Getriebe?

Einen Glaubenskrieg fechten Fachleute auch darüber aus, wie der Antriebsstrang einer 20-MW-Offshore-Turbine idealerweise aussieht.

Mit oder ohne Getriebe? Derzeit favorisieren die meisten Hersteller getriebelose Anlagen. »In den vergangenen beiden Jahren tauchen extrem interessante Generatoren auf«, beobachtet Andreas Reuter. Fast alle Windradbauer setzen auf permanent erregte Generatoren. Diese erlauben eine kompakte Bauform bei geringem Gewicht. Die abgespeckten Generatoren und das Wegfallen des Getriebes haben Einfluss auf das gesamte Anlagendesign. So können Fundament und Turm leichter gebaut werden, da sie weniger Masse tragen müssen. Das wiederum vereinfacht die Errichtung der Anlagen. Umso problematischer ist dafür die starke Abhängigkeit von den Seldernen Erden. Ohne diese Werkstoffe lassen sich die innovativen Generatoren nicht herstellen.

Werkstoff Kohlenstofffasern

Die Rotorblätter der neuen Anlagengeneration müssen hohen Anforderungen standhalten. Mit bis zu 135 Meter Länge, 6,5 Meter Blattwurzeldurchmesser und Profiltiefen von bis zu zehn Metern, biegen sie sich im Betrieb um bis zu 35 Meter durch. Dazu kommt das immense Eigengewicht der Flügel von etwa 50 Tonnen. Ohne Kohlenstofffasern kann man solche Blätter nicht bauen. Doch Carbon wird derzeit nur in geringen Mengen produziert und ist sündhaft teuer.

Herstellen lassen sich solche Riesenflügel, keine Frage. Doch sie sollen auch mitdenken. »Smart blades« nennen die Spezialisten Blätter, die mit kabellosen Sensoren, Piezoelementen oder Formgedächtnis-Werkstoffen gespickt sind. Sie geben pausenlos Auskunft über ihre Belastungen und reagieren notfalls auch sofort auf die Messwerte. Eingebaute »flaps«, also Steuerklappen, könnten die Blätter so bewegen, dass Lastspitzen aktiv reduziert werden. Die Messgeräte bräuchten sogar nur wenige ausgesuchte Anlagen. Diese »flight leader« würden ständig in den Wind blicken. Kommen Böen auf sie zu, können sie den Befehl an alle Windräder gleichzeitig geben: Flügel aus dem Wind drehen! So wären auch die größten Windfänger sturmsicher.

 www.raive-offshore.de

Wichtige Erkenntnisse für künftige Offshore-Anlagen liefert auch die Forschungsinitiative »RAVE- Research at alpha ventus«. Sie begleitet den Bau und Betrieb des Testfeldes »alpha



Bereits 2030 sollen Offshore-Anlagen mit einer Leistung von 200 Gigawatt (GW) vor den Küsten Europas installiert sein. © Paul Langrock/Zenit/laif

ventus«. Der erste deutsche Windpark auf hoher See liegt 45 Kilometer nördlich der Insel Borkum, in einer Wassertiefe von 30 Metern (siehe Kasten).

RAVE soll zeigen, ob man mitten in der Nordsee wirtschaftlich und zuverlässig Strom erzeugen kann. Mehr als hundertfünfzig Wissenschaftler untersuchen unter anderem wie sich Wind, Wetter und Wellen auf Gondeln, Stahltürme und Rotorblätter auswirken, ob die Bauteile den Belastungen weit draußen im Meer auch zwanzig Jahre lang stand halten und welchen Einfluss die Anlagen auf das sensible Ökosystem der Nordsee haben. Forscher des IWES koordinieren das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderte Projekt.

»Das Testfeld »alpha ventus« bietet weltweit einmalige Forschungsmöglichkeiten. Etwa 1000 kontinuierliche Messdaten der Anlagen werden in einem zentralen Forschungsarchiv bereitgestellt«, berichtet Professor Jürgen Schmid, Leiter des IWES in Kassel und Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat Globale Umweltveränderungen der Bundesregierung.

»Die Ansätze zur Nutzung der Windenergie auf hoher See sind vielversprechend und aussichtsreich«, betont Schmidt. »Dennoch müssen wir die Erkenntnisse aus der praktischen Umsetzung in die Forschung und Entwicklung zurückkopeln, um die vergleichsweise noch junge Technik weiterzuentwickeln«. Dann kann die Windenergie künftig einen noch größeren Beitrag zur Deckung des Strombedarfs in Europa leisten. ■



JA ZU NEUEN TECHNOLOGIEN. DAMIT WIR MORGEN NICHT VON GESTERN SIND.



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

WIRTSCHAFT. WACHSTUM. WOHLSTAND.

www.bmwi.de/go/innovation

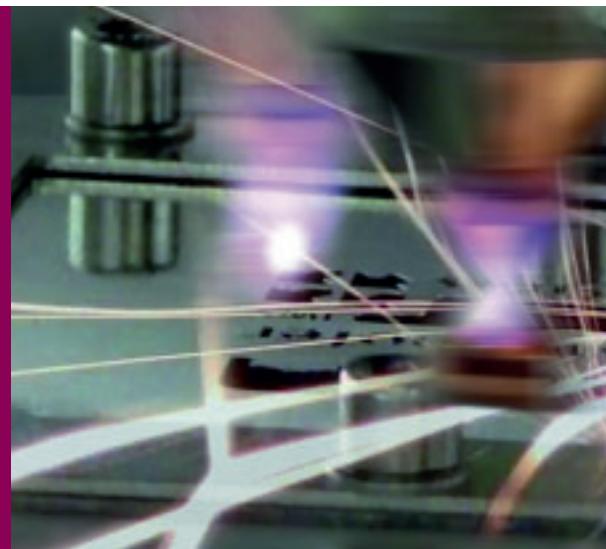


Das Licht der Zukunft

Je größer desto stärker. Die Faustregel der Lasertechnik gilt bis heute: Wer zum Bohren, Schneiden und Schweißen viel Leistung braucht, benötigt große Festkörperlaser. Doch jetzt sollen auch die Kleinen groß rauskommen: In einem EU-Projekt machen Forscher eine neue Generation von Faserlasern fit für die Märkte der Zukunft.

Text: Monika Weinek

Laserschneiden mit Faserlaser. © Fraunhofer IWS



Welche Produkte werden in zehn Jahren gefragt sein? Welche Werkzeuge wird die Industrie für deren Fertigung einsetzen? Welche Produktions-techniken werden sich durchsetzen? Antworten auf diese Fragen zu finden, ist nicht einfach. Wer übersinnliche Fähigkeiten besitzt, kann es mit einem Blick in die Kristallkugel versuchen. Udo Klotzbach vertraut lieber auf seine Gespräche mit Kunden: »Da erfahre ich aus erster Hand, was benötigt wird. Aus den Wünschen der Anwender lassen sich Entwicklungen ableiten«, erklärt der Forscher vom Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden. »In der Mikroelektronik beispielsweise hält der Trend zur Miniaturisierung an. Die Industrie sucht derzeit Hände ringend nach neuen Methoden, wie sich immer dünneren Strukturen auf den Wafers immer schneller herstellen lassen. In der Photovoltaik hingegen geht es um höhere Wirkungsgrade. Hier fragen die Hersteller nach Techniken, mit denen sie die Halbleiterproduktion verbessern beziehungsweise die Abschattungen auf der Oberfläche der Zellen minimieren können.«

Solche Ziele lassen sich nur mit neuen Produktionsmethoden erreichen. So kann Lasertechnik die Halbleiterschichten von Solarzellen noch während des Beschichtungsprozesses schnell und effektiv strukturieren. In der Mikrosystemtechnik ersetzt Laserlicht bereits heute zeitaufwändige Ätz- und Strukturierungsprozesse. Besonders kostengünstig ist die Fertigung von Mikrochips aus flexiblen Materialien – wie Kunststoffen –, die sich in großen Stückzahlen mit dem Rolle-zu-Rolle-Verfahren drucken lassen. Bei der Produktion von RFID-Chips wird diese Technik schon eingesetzt.

»Die Fertigungstechniken, die sich derzeit etablieren, sind die Basis für die Entwicklung einer neuen Generation von Produkten«, prognostiziert Klotzbach. »Wir bekommen schon Anfragen von Kunden, die mit dem Rolle-zu-Rolle-Verfahren auch größere Folien mit Mikrostrukturen herstellen wollen.« Man braucht nicht viel Phantasie, um sich vorzustellen, was aus solchen Folien alles gemacht werden könnte: kostengünstige Displays zum Aufkleben auf Werbeflächen in U-Bahnen und Bussen, die sich mit Verkehrsinformationen, Unterhaltung oder Werbespots bespielen lassen; E-Books, die man zusammenrollen kann wie eine Zeitung; Tapisse, die mit organischen Leuchtdioden bedruckt sind und abends das Zimmer illuminieren. »Laser werden bei der Fertigung solcher neuartigen Produkte eine wichtige Rolle spielen«, davon ist Klotzbach überzeugt. Seit zwei Jahren koordiniert er das EU-Projekt LIFT. Die Abkürzung steht für Leadership in Fibre Laser Technology. 21 Partner aus Forschung und Industrie sind an dem 16-Millionen-Euro-Projekt beteiligt. Ihr Ziel: Faserlaser fit zu machen für die Zukunft.

Faserlaser auf der Überholspur

Faserlaser haben – verglichen mit Festkörperlasern – mehrere Vorteile: Sie lassen sich besser fokussieren; man braucht weniger Komponenten, weil sich ein Teil der optischen Komponenten in die Glasfaser integrieren lässt; sie sind leichter, kleiner, handlicher und billiger. Bei der Produktion von Autos und Werkzeugen, Mikrochips, Biochips und Solarzellen werden sie bisher jedoch kaum eingesetzt. Nur einer von zehn weltweit verkauften Industrielasern basiert auf

Fasertechnik. Dafür gibt es gute Gründe: Glasfasern schmelzen, wenn es zu heiß wird, daher lassen sich mit Faserlasern keine hohen Energien erzeugen, wie sie zum Beispiel beim Schneiden von Blechen nötig sind. Auch die kurzen Wellenlängen mit hohen Pulsspitzenleistungen, die beim Strukturieren von Mikrochips und Biochips benötigt werden, können Faserlaser nicht liefern. Noch nicht.

Im Projekt LIFT wollen die Forscher die technischen Hürden überwinden. »Wir können durch verändertes Design und neue Strukturen der Glasfaser die Leistungsfähigkeit erhöhen. Beispielsweise, indem wir die Faser dicker und kürzer machen oder wenn wir Mikrostrukturen in die Faser einbauen, die hohe Pulsspitzenleistungen ermöglichen«, erläutert Klotzbach. Außerdem wollen die LIFT-Forscher Faserlaser entwickeln, die verschiedene Wellenlängen emittieren: auf Knopfdruck langwelliges Infrarot, sichtbares rotes, blaues oder gelbes Licht und sogar kurzwellige UV-Strahlung. Die Geräte der nächsten Generation sollen sogar in der Lage sein, ultrakurze Pulse abzugeben.

»Pico- und Femtosekundenlaser mit ihren ultrakurzen Pulsen eröffnen eine ganze Reihe neuer Möglichkeiten in der Produktionstechnik, weil sie sehr hohe Energien in sehr kurzer Zeit abgeben. Damit eignen sie sich für die Bearbeitung von thermisch sensiblen Materialien, die leicht schmelzen und daher Hitze schlecht vertragen«, so der Projektleiter. Zum Schneiden oder Löchen von Folien, die mit mikroelektronischen Schaltungen oder organischen LEDs bedruckt wurden, sind Ultrakurzpulsatlasen ein ide-



Deutschland: Fraunhofer-Institut für Wertstoff- und Strahltechnik IWS, Fraunhofer-Institut für Optik und Feinmechanik IOF, Rofin Sinar Laser, Dilas Diodenlaser
Frankreich: European Photonics Industry Consortium EPIC, Perfos, Eolite Systems, Quantel, 3S Photonics, IxFibre
Schweiz: Oclaro, Time-Bandwidth Products
United Kingdom: Gooch & Housego, University of Swansea, SPI Laser
Finnland: Tampere University of Technology, Corelase
Italien: Politecnico di Torino
Dänemark: Crystal Fibre
Schweden: Optoskand
Israel: Raicol Crystals

als Werkzeug. Damit sich mit den Faserlasern auch große Flächen in kürzester Zeit bearbeiten lassen, entwickeln die LIFT-Forscher jetzt ein neuartiges Strahlablenksystem. »Der Laserstrahl erlaubt zwar eine enorm schnelle Materialbearbeitung, bisher ist die Geschwindigkeit jedoch begrenzt durch die häufigen Positionswechsel«, erklärt Klotzbach. Die Positionswechsel sind notwendig, weil das Laserlicht senkrecht auf das Werkstück treffen muss. Die derzeit verfügbaren Scanner für die Mikromaterial-Bearbeitung, die den Lichtstrahl über Spiegel hin- und herbewegen, können eine solche Genauigkeit für die Lasermakromaterialbearbeitung nur auf einer zehn Quadratzentimeter großen Fläche garantieren.

Ist diese bearbeitet, muss das Werkstück weitergeschoben oder der Laser versetzt werden. Das kostet wertvolle Zeit.

Positionierungs- und Scannersystem kombinieren

»Für den Einsatz in der Mikroelektronik oder Photovoltaik, wo große Flächen bearbeitet werden, ist diese Methode nicht effektiv genug«, weiß Klotzbach. »Hier braucht man ein Strahlablenksystem, das mindestens einen Quadratmeter ohne Positionswechsel bearbeiten kann.« Eine Lösung haben die Forscher schon ausgetüftelt: Es handelt sich um eine Kombination aus einem

Positionierungs- und einem Scannersystem, die den Strahl über das Werkstück lenkt – all das geht sehr schnell, der englische Fachbegriff heißt daher auch »On the Fly«. Ein spezielles Linsensystem sorgt dafür, dass der Einfallwinkel des Lichts immer senkrecht auf das Werkstück trifft, auch wenn große Flächen bearbeitet werden. »Der Trend geht hin zu großflächigen Laserapplikationen – in Zukunft wird man ganze Folien- oder Tapetenrollen bearbeiten«, stellt Klotzbach in Aussicht. »Mit dem Strahlablenksystem wird das möglich sein.«

Im August 2013 soll die neue Ära beginnen. Zumindest wird dann das EU-Projekt auslaufen, und die Forscher wollen einige Prototypen des neuen flexiblen, kleinen und leistungsfähigen Systems vorstellen. Der Zukunftslaser soll nicht größer sein als eine Schuhsschachtel und problemlos in bestehende Fertigungsprozesse integrierbar sein. »Das ist genau das, was die Kunden verlangen«, weiß Klotzbach. Der Forscher ist überzeugt, dass die neuen technischen Möglichkeiten die Nachfrage nach Faserlasern enorm steigern werden: »Einer Studie zufolge, die zu Beginn des Projekts durchgeführt wurde, haben Faserlaser das Potenzial, weltweit einen Marktanteil von 30 Prozent bei den Industrielasern zu erlangen.«

Für EU-Project Technical Assistant Marcel Diersch hui ist die Faserlaser-Entwicklung ein wichtiger Schritt für Europa: »Das EU-Projekt schafft die Voraussetzung für die europäische Industrie, in Zukunft am Weltmarkt zu partizipieren.« ■

Indem wir unsere Sensoren besonders klein bauen, schaffen wir Platz für große Ideen. NUMERIK JENA ist spezialisiert auf die Entwicklung und Herstellung von hochpräzisen Messsystemen zur Erfassung von Länge und Winkel. www.numerikjena.de

3141 mm³
Freiraum

NUMERIK
JENA

Kollaps-Prävention

Überfüllte Busse und U-Bahnen, stundenlange Staus – das tägliche Verkehrschaos gehört in vielen Großstädten längst zum Alltag. Megacitys mit mehr als zehn Millionen Einwohnern stehen oft kurz vor dem Verkehrskollaps. Wie der sich langfristig vermeiden lässt, untersuchen jetzt Forscher im Reich der Mitte.

Text: Monika Weiner

Fünf Millionen Menschen leben derzeit in Hefei. In wenigen Jahren sollen es doppelt soviele sein. © Hefei City



China boomt. Wie Magneten ziehen die industriellen Zentren des Landes Millionen von Menschen an. In vielen Metropolen haben sich die Einwohnerzahlen innerhalb weniger Jahre verzehnfacht. Rund um die Städte schießen neue Wohnsiedlungen wie Pilze aus dem Boden. Die Verkehrswege, die diese mit den Zentren verbinden, sind rund um die Uhr überlastet. In Peking und Schanghai lösen sich Staus oft tagelang nicht mehr auf. Wie in vielen Megacitys, droht auch hier der Verkehrs-Kollaps.

In Hefei soll alles anders werden. Die Hauptstadt der Provinz Anhui, 200 Kilometer westlich von Schanghai, bereitet sich auf den großen Sprung vor: Derzeit leben hier »nur« fünf Millionen Men-

schen, in den kommenden acht Jahren soll sich die Einwohnerzahl auf zehn Millionen verdoppeln. Damit wird Hefei aufsteigen in den Kreis der Megacitys. Bei dieser Stadtentwicklung der Superlative will die chinesische Zentralregierung nichts dem Zufall überlassen: Der Aufschwung Hefei, das bereits seit den 1930er Jahren ein industrielles Zentrum ist, wird generalstabsmäßig geplant und systematisch realisiert. Wo bis vor kurzem Bauern ihre Reisfelder bestellten, sind Bulldozer und Planierraupen aufgefahren. Sie bauen drei- bis vierspurige Straßen, entlang derer immer neue Hochhaussiedlungen in den Himmel wachsen. Noch sind es Geisterstädte, doch schon bald sollen hier Tausende von Menschen einziehen.

Eine Megacity auf dem Reißbrett zu entwerfen, ist für Städteplaner eine enorme Herausforderung aber auch eine einmalige Chance: Hier kann man aus den Fehlern der Vergangenheit lernen, neue Konzepte entwickeln, diese realisieren und innerhalb weniger Jahre sehen, wie gut sie funktionieren. In Hefei entstehen derzeit ampelfreie Ausfallstraßen, die an Kreuzungspunkten über Brücken geleitet werden, Schnellspuren für Busse, geplant ist ferner ein intelligentes Nahverkehrssystem das schnelles Umsteigen zwischen Bussen und U-Bahnen erlaubt, sowie ein Verkehrsleitsystem, das die Emission von Luftschadstoffen minimiert. Für Wissenschaftler und Ingenieure ist dies eine einzigartige Gelegenheit, neue Technologien

im großen Maßstab zu testen und einzusetzen. China mit seiner zentralistischen Planwirtschaft schafft hier ein außergewöhnliches Testfeld für die Forschung.

Planwirtschaft als Chance

Auch für die deutschen Experten, die im Projekt Megacitys des Bundesministeriums für Bildung und Forschung Städteplaner auf verschiedenen Kontinenten unterstützen, ist Hefei ein Eldora-

das Projekt, das wir gemeinsam mit verschiedenen chinesischen Universitäten und Partnern durchführen», ergänzt Schmidt.

Im Projekt wurden unlängst 600 Taxis mit Sensorsystemen ausgerüstet, die Fahrzeuge können damit ständig die aktuelle Verkehrssituation erfassen: Sie funkeln rund um die Uhr ihre aktuelle Position und ihre Geschwindigkeit zur Verkehrsleitzentrale. Dort werden die »Floating-Car-Data« kombiniert, ausgewertet und zu einem kom-

Abkürzung steht für Traffic Message Channel – der Navigationsgeräte mit Staumeldungen versorgen konnte, wird demnächst abgelöst vom TPEG-Standard der Transport Protocol Expert Group. Dieser Service soll Autofahrer umfangreicher und präziser informieren als bisher, weil die Verkehrsdaten an beliebig vielen Punkten generiert und mit aktuellen Informationen über das Wetter beziehungsweise den öffentlichen Nahverkehr kombiniert werden können.

Über Grenzen hinweg

In Hefei untersuchen die Forscher auch, wie sich Veränderungen des Verkehrsflusses auf die Luftqualität auswirken. Grundlage für die Modellierungen sind wieder die Floating-Car-Data, die mit den Werten der Wetterstationen korreliert werden. »In das Computermodell gehen die Verkehrsdaten ein, also wie schnell die Autos fahren, die aktuellen Wetterwerte wie Wind oder Regen sowie weitere Parameter der Fahrzeugflotte«, erläutert Schmidt: »Aus diesen Daten berechnen wir die Verkehrsemissionen, wie zum Beispiel Feinstaub, Stickoxide oder CO₂. Zusammen mit den industriellen Emissionen, die wir zusätzlich bei der Modellierung berücksichtigen, können wir am Ende die Schadstoffbelastung der Luft in einzelnen Stadtteilen vorhersagen. Das ist wichtig für die Behörden, die Warnhinweise geben wollen – beispielsweise an Tagen mit erhöhter Ozonbelastung.« Die Simulationen lassen sich aber auch nutzen, um langfristige Szenarien zu erstellen: Schmidts Team kann berechnen, um wie viel Prozent sich die Luftschadstoffbelastung reduziert, wenn etwa alle Fahrzeuge mit Katalysatoren ausgerüstet werden oder wenn ein bestimmter Teil der Bevölkerung auf öffentliche Nahverkehrsmittel umsteigt. Ein ideales Werkzeug für Stadtplaner, die in die Zukunft sehen wollen.

do: »Wir können hier unsere Entwicklungen in einem anderen Klima, einer anderen Kultur und einer anderen Dimension austesten«, schwärmt Matthias Schmidt, Forschungsgruppenleiter Verteilte Eingebettete Systeme am Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik FIRST in Berlin. Zusammen mit Experten vom Wuppertal-Institut, der Freien Universität Berlin, der AS&P – Albert Speer & Partner GmbH, dem Ingenieurbüro LUAX sowie der deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt DLR hat er bereits mehrfach die chinesische Stadt besucht. »Stadtregierung, Umweltamt und die Polizei, die für Verkehrsfragen zuständig ist, sind sehr interessiert an einer Kooperation. Außerdem unterstützt das chinesische Forschungsministerium

pletten Bild der momentanen Verkehrssituation zusammengefügt. In Hefei besteht erstmals die Möglichkeit, die Messmethode an die Bedürfnisse einer Megacity anzupassen: »8000 Fahrzeuge sollen voraussichtlich bis Ende 2012 Floating-Car-Data sammeln«, berichtet Schmidt: »Für uns ist die Untersuchung sehr spannend, denn sie erlauben uns unsere Modellrechnungen zu überprüfen und zu verbessern.«

Die Erkenntnisse, welche die Forscher jetzt in China gewinnen, kommen künftig auch den Europäern zugute: Das FIRST-Team ist beteiligt an der Entwicklung eines neuen Standards zur Gewinnung und Übertragung von Verkehrsinformationen. Der alte TMC-Standard – die



Auto und Handy – eine gefährliche Beziehung

Passen interaktive Anwendungen und Verkehrssicherheit im Auto zusammen? Diese Fragen untersuchen Forscher.

Text: Klaus Jacob

Tausendmal berührt, tausendmal ist nichts passiert. So ähnlich denken offenbar viele Autofahrer und greifen ungeniert zum Handy – bis es »Bumm« macht. Autos und Handys pflegen eine komplizierte, aber recht innige Beziehung, die mit Smartphone und iPhone noch enger geworden ist. Manche Experten sprechen schon von einer »iPhonisierung des Autos«, wie Psychologe Frederik Diederichs vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart weiß. Das Institut hat dem Thema nun eine eigene Tagung gewidmet, an der Vertreter vieler großer Unternehmen teilgenommen haben, von BMW und VW, Daimler und Ford, bis zu Bosch und Harman. Es ging dabei um Kommunikation, Komfort, Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle und Aufmerksamkeit.

Viele Unfälle ereignen sich, weil Fahrer unaufmerksam sind. So lenkt auch das Telefonieren während der Fahrt ab. Deshalb muss ein ertappter Fahrer in Deutschland seit 2001 eine Geldbuße bezahlen. Trotz der Strafe griffen immer noch viele Autofahrer zum Handy. Seit 2004 gibt es nun zusätzlich zu den 40 Euro einen Punkt in der Flensburger Verkehrssünderkartei. In anderen europäischen Ländern sind die Strafen drakonischer, so kommt in Italien niemand unter 200 Euro davon. Trotzdem lässt sich kaum jemand abschrecken: Die Verlockung unkomplizierter und spontaner Kommunikation scheint stärker. Im Jahr 2009 registrierte das Kraftfahrzeug-Bundesamt 418 000 Verstöße



gegen das Handyverbot, die Dunkelziffer ist beträchtlich. Etwa 30 Prozent der Deutschen telefonieren nach wie vor mit dem Gerät in der Hand – derselbe Prozentsatz wie in Schweden, dem einzigen europäischen Land, in dem das Handy am Steuer erlaubt ist. Der naheliegende Schluss: Dem Verbot fehlt jegliche Wirkung.

Das ist auch nicht verwunderlich, denn es handelt sich, um eine recht seltsame Vorschrift. Während ein Fahrer am Radioknopf drehen, die Stulle auspacken oder nach der Zigarette angeln darf, ist der Griff zum Handy tabu. Wer das Gerät auch nur in die Hand nimmt, riskiert eine Strafe. Mit einer Freisprecheinrichtung kann er dagegen nach Herzenslust telefonieren. Dabei haben Experten schon vor zehn Jahren nachgewiesen, dass eine Freisprecheinrichtung die Unfallgefahr nicht merklich mindert, denn die kognitive Ablenkung erfordert vom Fahrer mehr Aufmerksamkeit als die motorische. Allerdings kann man nur bestrafen, was sich zweifelsfrei nachweisen lässt. Das berührungslose Telefonieren bleibt nur deshalb straffrei, weil kein Beweisfoto möglich ist.

Inzwischen ist das Smartphone mit all seinen Apps zu einem Kultgegenstand geworden, der aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken ist. Vor allem die sozialen Netzwerke machen es für viele unverzichtbar. Aus den USA ist der Ausspruch überliefert, wie Diederichs erzählt: »Mein Leben findet in Facebook statt, und wenn ich ins Auto steige, will ich nicht aufhören zu leben.« Die Automobilindustrie kommt diesen Bedürfnissen entgegen, die vor allem junge Käufer haben. Sie sieht darin auch eine Möglichkeit, die Bord-Infrastruktur aufzupfen und neue Geschäftsmodelle zu etablieren. Das Smartphone soll Teil des Autos werden und mit seiner Intelligenz die Funktionsvielfalt der Armaturen erhöhen – ein paar maßgeschneiderte Apps machen es möglich. Die Möglichkeiten scheinen unbegrenzt. Daimler spricht von einer »Appification« des Autos und tummelt sich zusammen mit den meisten anderen Automobilherstellern bereits auf Elektronik-Messen wie der Consumer Electronics Show in Las Vegas.

Allerdings darf die Sicherheit nicht leiden. Hier kommt das Stuttgarter Fraunhofer-Institut ins Spiel. Es beschäftigt sich seit Jahren mit Fragen

der Aufmerksamkeit und Ablenkung am Steuer. In seinem Labor steht ein aufwändiger Fahrsimulator, ein echtes Auto, das wackelt und wippt und so die Fahrmanöver fühlbar macht. Für die optische Illusion sorgen sechs große Leinwände. Mit diesem Equipment suchen die Experten nach Möglichkeiten, wie man Ablenkungen messen sowie Nebenaufgaben – etwa das Telefonieren – so gestalten kann, dass sie den Fahrer nicht über Gebühr belasten. Zu den theoretischen Grundlagen gehört eine einfache Regel: Jeder Fahrer strebt, meist unbewusst, ein optimales Belastungsniveau an, das ihn weder über-, noch unterfordert. Bei einer Unterforderung sucht er sich zusätzliche Aufgaben. Zum Beispiel tritt ein übermüdeter PKW-Lenker aufs Gaspedal. Und ein Brummi-Fahrer, dem die Langeweile ständiger Begleiter ist, schneidet schon mal seine Fußnägel oder schaut sich einen Fernsehfilm an. Wer überfordert oder abgelenkt ist, drosselt dagegen das Tempo. Hilfreich wäre ein Sensor, der erkennt, wie es um die Aufmerksamkeit des Fahrers steht. Doch das ist nicht einfach.

Im Stuttgarter Fahrsimulator hängt eine kleine Kamera, die auf die Augen des Fahrers gerichtet ist. Abgelenkt ist, das haben Untersuchungen gezeigt, wer länger als zwei Sekunden den Blick von der Straße nimmt oder mindestens viermal hintereinander kurz wegschaut. Auch physiologische Messwerte wie Atmung, Herzschlag oder Hautwiderstand geben Aufschluss über den Zustand des Fahrers. Daneben kann man kontrollieren, ob das Auto die Spur einwandfrei hält. Doch all diese Methoden sind fehleranfällig wie die IAO-Forscher nur zu gut wissen. Sie entwickeln Referenzmethoden, die zuverlässig das Ablenkungsniveau des Fahrers bestimmen und unterstützen damit die Automobilindustrie bei der Verbesserung ihrer Algorithmen. Mercedes hat bereits einen Aufmerksamkeits-Assistenten entwickelt, der Dutzende von Parametern erfasst. Wenn er anschlägt, erscheint auf dem Armaturenbrett das Symbol einer Kaffeetasse. Der Autohersteller zielt damit jedoch eher auf schlafige, denn auf abgelenkte Fahrer. Auch hier sehen die Fraunhofer Forscher großes Potenzial – denn der Prozentsatz an Fahrern die sich so überzeugen lassen wirklich eine Pause einzulegen ist marginal. Hier kommt der »Mensch-Maschine-Schnittstelle« eine bedeutende Rolle zu.

Diederichs und seine Gruppe gehen noch einen Schritt weiter. Sie denken daran, dem Fahrer dabei zu helfen, den optimalen Belastungsstatus zu erreichen. Bei Unterforderung könnte eine App Aufgaben stellen, die zusätzliche Aufmerksamkeit benötigen – ohne um die für die Fahraufgabe relevanten Ressourcen des Fahrers zu konkurrieren. Bei einer Überforderung würde dagegen die Informationsflut gedrosselt. So könnte etwa das Display weniger Auswahlmöglichkeiten anzeigen, vielleicht in einer größeren Schrift. Als sinnvoll hat sich auch erwiesen, in solchen Fällen eine Kollisionswarnung eine Sekunde früher zu geben. Denn abgelenkte Fahrer nehmen einen Fehlalarm gern in Kauf, den sie sonst kaum verzeihen würden.

Diese Forschung ist umso wichtiger, als das die Belastungen beim Fahren in den vergangenen Jahren ständig gewachsen sind. Zu der angeschwellenden Schilderflut, den immer komplexeren Verkehrssituationen und der steigenden Zahl von Bordfunktionen kommt nun noch das Smartphone hinzu. Die Autobauer arbeiten mit Nachdruck an seiner Integration. Die neue A-Klasse von Mercedes, die im September auf den Markt kommt, ist bereits mit einem entsprechenden Extra, dem »Drive-Kit-Plus«, zu haben. Andere Autobauer ziehen nach. Zu der kommunikativen Grundausstattung gehört meist eine Spracherkennung, Tasten am Lenkrad und ein großes Display. Denn nach wie vor gilt die alte Autofahrer-Regel: »Augen auf der Straße, Hände am Lenkrad!«

Die »Appification« des Autos wird weiter fortschreiten. Bald kann man nicht nur E-Mails abrufen oder SMS von unterwegs verschicken, sondern Autos werden auch miteinander kommunizieren und sich gegenseitig vor Gefahren warnen. Damit sich das Spektrum der kommunikativen Möglichkeiten voll ausschöpfen lässt, ist derzeit zwar die Internet-Verbindung noch zu langsam. Doch der neue LTE-Mobilfunkstandard, der Nachfolger von UMTS, sorgt schon bald auch bei schneller Fahrt für einen sicheren Datentransfer. Bei all diesen verlockenden Angeboten darf der Fahrer freilich eines nicht vergessen: Er bleibt letztlich für die Sicherheit verantwortlich, was auch immer der Gesetzgeber zur schönen neuen App-Welt sagt – und der Autobauer ermöglicht. ■

Kabelloser Daten-Turbo

Digitalkameras und Camcorder liefern heute hoch aufgelöste Filmsequenzen in Gigabyte-Größe. Doch leider dauert es Minuten wenn man per Funk via Bluetooth die Bilddaten auf den heimischen Computer übertragen möchte. Eine flotte Alternative bietet das »Multi-Gigabit-Kommunikationsmodul« – ist sogar sechsmal schneller als das USB-Kabel.

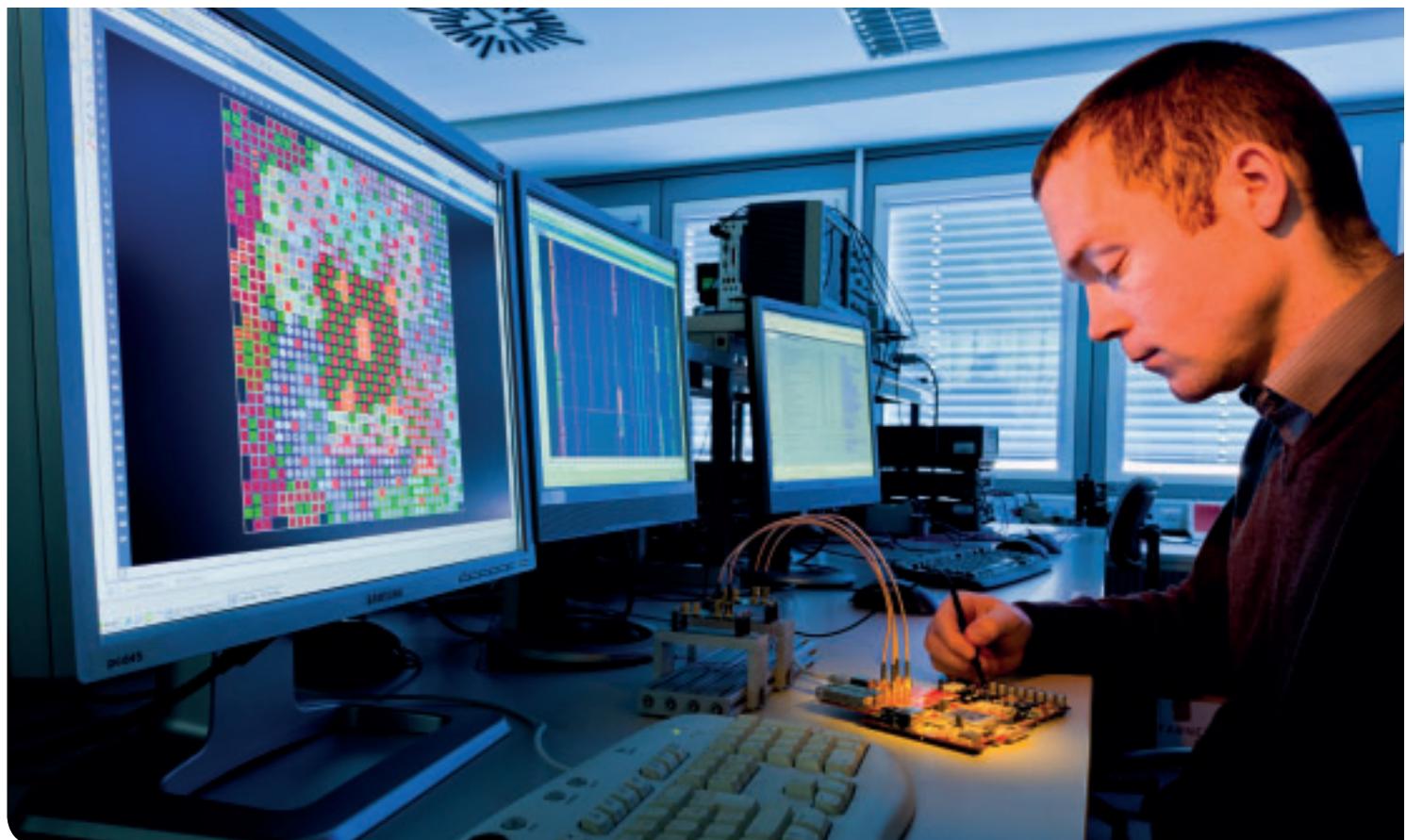
Text: Tim Schröder

Ob Hochzeit, Geburtstag oder Party – bei grossen Festen hat man heute meist seinen Camcorder dabei. Das Datenkabel allerdings fehlt oftmals. Aus dem Versprechen, dem Gastgeber die Aufnahme am Morgen nach der Feier auf den Rechner zu spielen, wird dann meist nichts. »Kein Problem«, sagt man dann. »Ich brenne dir eine CD, wenn ich wieder zu Hause bin.« Doch das geht dann im Alltagstrubel unter. Einfacher wäre es, wenn sich die Daten ohne Kabel übertragen liessen.

Das dachte sich auch Frank Deicke vom Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden. Es müsste doch möglich sein, große Datenmengen schnell und einfach von einem Gerät auf ein anderes zu übertragen. Natürlich sind Funkverbindungen à la Bluetooth oder WLAN längst Alltag. Doch wer damit ein hoch aufgelöstes Video von der Hochzeitsfeier auf den Computer überspielen will, braucht Geduld. Der Datentransfer der Gigabyte-mächtigen Filmdatei per Funk benötigt Minuten.

Deicke und seine Kollegen sind einen anderen Weg gegangen. Deicke ist Spezialist für Infrarot-Technik. Er beschäftigt sich sozusagen mit den modernen Hightech-Nachkommen der guten alten TV-Fernbedienung. Vor wenigen Wochen hat der Forscher ein Infrarot-Modul vorgelegt, das Seinesgleichen sucht. Es überträgt Daten mit

Optisches drahtloses Kommunikationsmodul mit 3Gbit/s.
© Juergen Loesel/Fraunhofer IPMS



einer Rate von 1 Gigabit pro Sekunde (Gbit/s), also einer Milliarde Rechensignale pro Sekunde. Zum Vergleich: Ein E-Mail-Buchstabe besteht aus acht Bit. Deickes Infrarot-Modul schafft damit in einer Sekunde 125 Millionen Buchstaben. Damit ließe sich eine ganze Enzyklopädie füllen.

Schneller als UBS2, WLAN oder Bluetooth

Für gewöhnlich sind Kabelverbindungen zwischen Elektrogeräten schneller als der Funk. In diesem Falle ist es anders. Das neue »Multi-Gigabit-Kommunikationsmodul« schafft das Sechsfache der USB2-Kabel-Geschwindigkeit. Ein Vergleich mit den etablierten Funkstandards ist noch eindrucksvoller: Die IPMS-Lösung ist 46mal schneller als herkömmliches WLAN und 1430 mal rascher als das Bluetooth-Verfahren, mit dem zum Beispiel Handys und Headset-Kopfhörer kommunizieren. Das liegt nicht so sehr daran, dass sich das Infrarot-Signal mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegt, sondern vor allem an einer schnellen Signalverarbeitung. Denn das Nadelöhr sind das Ver- und Entschlüsseln der Daten, das Ver- und Entpacken für den Versand durch die Luft sozusagen. So muss die Video-Information von der Digitalkamera zunächst in ein Funksignal umgewandelt werden, ehe sie auf die Reise geht. Im Empfangsgerät, einem Laptop zum Beispiel, wird das Funksignal dann wieder entschlüsselt und in die Filmdatei verwandelt. Das kostet Rechenzeit.

Perfekte Kombination aus Hard- und Software

Für die Forscher bestand die Herausforderung also darin, eine kleines Infrarot-Modul zu bauen, dessen Hard- und Software schnell arbeiten. Zudem sollte der Rechenaufwand möglichst gering sein, denn je stärker die Mikroprozessoren werkeln, desto mehr Strom fressen sie. Bei einem mobilen Gerät ist das fatal. »Letztlich haben wir das nicht alles über eine einzelne Idee, sondern durch kluges Kombinieren verschiedener technischer Lösungen erreicht«, sagt Deicke. Das gilt zum Beispiel für den Transceiver, jenes optische Bauteil, das Lichtsignale zugleich aussenden und empfangen kann. Der Transceiver ist etwa so groß wie ein Kinderfingernagel, enthält aber dennoch eine Laserdiode, die die Lichtimpulse aussendet und einen Photodetektor, der diese wahrnimmt. ■

Wichtig sind auch die Decoder, welche die verschlüsselten Daten empfangen und übersetzen. Da die Lichtsignale in der Luft abgeschwächt und verzerrt werden, mussten Deicke und seine Mitarbeiter unter anderem ausgeklügelte Fehlerkorrekturmechanismen programmieren. Eine Herausforderung war auch die perfekte Kombination von Soft- und Hardware. So gibt es Signaldecoder, die wie kleine Schaltanlagen arbeiten. Andere Decoder funktionieren rein mathematisch als Software. »Um ein Energie sparendes und schnelles Modul realisieren zu können, mussten wir also sehr genau überlegen, wie wir Hard- und Software-Komponenten in unserem Decoder zusammenspielen lassen«, sagt Deicke.

Wie bei der TV-Fernbedienung muss auch zwischen dem Sender und dem Empfänger freie Sicht herrschen. Für Frank Deicke kein Problem: »Man legt die Kamera oder das Smartphone einfach direkt neben den Computer oder das Laptop.« Nach wenigen Sekunden ist das Video übertragen.

Es geht schneller als 1 GBit pro Sekunde

Die Forscher vom IPMS wissen sehr genau, dass sich eine solche Technologie nur dann durchsetzen kann, wenn sie von den Herstellern als Standard akzeptiert ist. Erst dann wird sie in verschiedensten Geräten verbaut, so dass der Kunde diverse Laptops und Kameras problemlos verkuppeln kann. Deicke engagiert sich deshalb in der Infrared Data Association. Zu diesem internationalen Verband, der die Infrarot-Technik vorantreiben will, gehören rund 50 Forschungseinrichtungen und Firmen, darunter einige der größten Elektronikkonzerne der Welt. Deicke bringt sein Wissen unter anderem in die »10-Giga-IR-Arbeitsgruppe« ein. Damit ist das Ziel klar. Es geht noch schneller als 1 GBit pro Sekunde.

»Mit unserem aktuellen Infrarot-Modul zeigen wir bereits, dass die Infrarot-Technologie herkömmliche Standards weit hinter sich lassen kann. Für die Zukunft wollen wir die Leistung noch steigern«, sagt Deicke. Der Forscher konnte bereits zeigen, dass sich die Übertragungsrate seines aktuellen Moduls auf 3 Gigabit hochtreiben lässt. Sogar 10 Gbit erscheinen da durchaus erreichbar zu sein. ■

Laser Line, Micro Focus, Laser Pattern Generators
Wavelength 405 - 2050 nm
Made in Germany

Depth of Focus:
Plots of power density vs. working distance

Laser Micro Line Generators
for full power density in focus

Laser Macro Line Generators
for extended depth of focus

Line Scan Cameras
for Research and Machine Vision.
Color, monochrome, or **TDI** sensors.
Made in Germany

from 512 to 12 000 pixels
Modular interface concept:
Digital: LVDS, **HSB**, **USB 2.0**, **GigE**, **ETHERNET**

TDI Line Scan Camera with Dark-field Illumination
Applications
WAFER INSPECTION
Detection of diffuse reflecting particles and particles down to the sub-micrometer range

LASM - Large Area Scan Microscope
Innovative investigation of polar ice cores
Analysis of grain boundaries and gas enclosures

Visit us:
23. - 27.
JULY
2012
The 23rd International
Conference on Atomic
Physics ICAP 2012
Ecole Polytechnique - Palaiseau - France

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

A Laser Beam Coupler 60SMS-1-4...
Laser Beam Coupler for Singlemode Fibers
Fiber cable PMC...
Apochromatic corrected fiber optics 400 - 660 nm
Fiber collimator 60FC-...

Fiber Port Clusters for
In global use:
Russia
Korea
Austria
Germany
Italy
USA
VR China
India

Fiber Collimator 60FC-Q-...
* integrated Quarter-wave Plate
Generation of circularly polarized laser radiation

Polarization Analyzer Series SK010PA-...
Interface: USB 2.0 • Multiple Wavelength Ranges 350 -1600 nm

For Fiber Coupled Components
Example: Measurement of polarization extinction ratio and polarization axis of PM fiber cables.
Example: Test of key alignment

For Free Beam Components
Example: Adjustment of Fiber Collimators with integrated Quarter-wave plate
Adjustment of G- and Q- circular polarization.

Laser Sources with polarization-maintaining fiber optics

Schäffer+Kirchhoff develop and manufacture laser sources, line scan camera systems and fiber optic products for worldwide distribution and use.
Schäffer + Kirchhoff
info@SuKhamburg.de www.SuKhamburg.com

Bauen im Zeichen der Wissenschaft

Von Forschern für Forscher: Bei der Konzeption, dem Entwurf und dem Bau des »Zentrums für Virtuelles Engineering« hat das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO auf das Know-how seiner Wissenschaftler gesetzt. Der Ende Juni eingeweihte Neubau bietet nun genau das richtige Umfeld, um Innovationen in den Bereichen Virtuelles Engineering und Zukunft der Arbeit zu entwickeln.

Text: Klaus Jacob

Runde, fließende Formen, helle Farben, modernes Design – der Neubau auf dem Fraunhofer-Campus in Stuttgart beeindruckt schon auf den ersten Blick. Das futuristische Gebäude überzeugt aber nicht nur optisch: Auch konzeptionell setzt das vierstöckige »Zentrum für Virtuelles Engineering, ZVE« des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO neue Maßstäbe. Denn in den Entwurf und den Bau des ZVE sind aktuelle Forschungsergebnisse des IAO eingeflossen. »Unser wissenschaftliches Know-how in den Bereichen Workspace Innovation und Virtual Engineering wurde kontinuierlich bei der Gestaltung unseres Neubaus genutzt«, hebt Institutsleiter Prof. Dr. Dieter Spath hervor.

Neues Gebäude vorab in 3D visualisiert

Von Anfang an waren Experten des IAO in interdisziplinären Projektteams mit erfahrenen Architekten und Fachplanern an der Konzeption und Umsetzung des Neubaus beteiligt. So wurden bei der Planung des 3100-Quadratmeter großen Gebäudes Anwendungen im Bereich Virtual Reality (VR) des IAO sowie eigene Softwareentwicklungen für die Simulation von Gebäudedaten eingesetzt. Damit ließ sich der zweidimensionale-Entwurf der Architekten in ein virtuelles 3D-Modell übertragen. Diese Modelle haben die Stuttgarter in ihren Laboren für VR erlebbar gemacht.

Die immersive Gebäudeplanung erleichtert die Arbeit. »Für die Planungs- und Baubesprechungen wurde unsere Powerwall genutzt, um den aktuellen Stand zu visualisieren, Varianten zu diskutieren und Ergebnisse zu prüfen«, sagt

Vanessa Borkmann, die den Bau für das Fraunhofer-Institut mitverantwortet. Auf diesem riesigen Monitor konnten die Beteiligten jedes Detail dreidimensional im Originalmaßstab und von allen Seiten begutachten – vom Lüftungsschacht bis zur Steckdose –, auch wenn es noch gar nicht existierte.

Die Virtuelle Realität ist keine Spielerei, sondern notwendig, weil das Vorstellungsvermögen bei komplexen Gebäuden wie dem ZVE an seine Grenzen stößt. Kaum ein Bauteil kommt von der Stange, das zeigt schon eine kurze Besichtigung. Da sind die vielfältigen Fensterformen, die geschwungene Fassade, die ansteigenden Räume oder das verdeckte Atrium mit den kreuzenden Treppenläufen. Das Design trägt die Handschrift der Architekten Ben van Berkel und Caroline Bos von UNStudio, die auch das schwungvolle Mercedes-Benz-Museum entworfen haben. Aber nicht nur die äußeren Formen, auch viele versteckte Details erforderten VR-Unterstützung, etwa die Decken mit ihren diversen Einbauten über die elektrischen Leitungen und Sprinkleranlagen bis zu den Brandmeldern. Um diese Vielfalt auf der Baustelle überblicken zu können, braucht es die intuitiv zugängliche Virtuelle Realität.

Raum für Kommunikation, Konzentration und Kreativität

Wie wir in Zukunft im Büro arbeiten, erforschen die Mitarbeiter am IAO schon seit vielen Jahren zum Beispiel im Forschungsprojekt OFFICE 21®. Ihre Erkenntnisse sind jetzt in der Gestaltung des »Zentrums für Virtuelles Engineering« umgesetzt. Doch wie sieht das »Büro der Zukunft«

In den Neubau sind viele Forschungsergebnisse des IAO eingeflossen. © Rüdiger Mosler, Fraunhofer IAO, ASPLAN, UNStudio



aus? Die Räume lassen sich flexibel nutzen, so dass – je nach Anforderung – kreatives, konzentriertes oder gemeinsames Arbeiten möglich ist. Eine Besonderheit im ZVE: Auf dem Schreibtisch stehen drei Monitore. Denn eine eigene Studie hat gezeigt, dass man wesentlich effektiver arbeiten kann, wenn alle wichtigen Informationen gleichzeitig zu sehen sind und nicht erst mit einem Mausklick aus dem Display-Hintergrund geholt werden müssen. Außerdem gibt es ein Gesamtkonzept für die Bepflanzung, da die Begrünung positiv zum Raumklima und dem Wohlbefinden der Mitarbeiter beiträgt. Um die informelle Kommunikation unter den Mitarbeitern zu fördern stehen bequeme Sitzzecken und Treffpunkte zur Verfügung. Die Forscher sollen sich austauschen und wohl fühlen.

Ein besonderes Highlight hängt unter der Decke des großen Veranstaltungsraums. Um den Saal zu beleuchten, nutzen die Fraunhofer-Experten

einen virtuellen Himmel, über den Wolken ziehen. Die Lichtdecke, die die IAO-Wissenschaftler gemeinsam mit ihren Kollegen der LEiDs GmbH entwickelt haben, ermöglicht eine dynamische Beleuchtung. Sie ähnelt dem natürlichen Sonnenlicht, das sich mit den Tageszeiten und der Wolkenbedeckung ändert. Der virtuelle Himmel hilft, die Wachheit und die Konzentration zu fördern. Eine Vorstudie zeigte bereits, dass Nutzer die dynamische Lichtführung als sehr angenehm empfinden.

Nutzung erneuerbarer Energien

Neue Maßstäbe setzt der 14-Millionen-Euro-Neubau im Bereich Nachhaltigkeit. Das Gebäude ist mit einer Geothermie-Anlage ausgestattet. Statt mit einer herkömmlichen Klimaanlage Kaltluft in die Räume zu blasen, werden im ZVE Decken und Wände gekühlt. Bei dieser »Betonkernaktivierung« machen eingelassene

Kühlschlangen das Gebäude selbst zu einer sparsamen und zugfreien Klimaanlage. Ein weiteres Highlight: In der Eingangshalle, dem »Marktplatz der Kommunikation«, hängt ein großer Monitor, auf dem das Gebäude in Echtzeit Auskunft über seinen Öko-Umsatz gibt, von der Energiebilanz über den Wasserverbrauch bis zum Müllaufkommen. Dieses innovative Konzept überzeugt: Auf der Messe BAU 2009 hat das ZVE das Zertifikat »Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen« in GOLD erhalten.

Im Juni wurde der außergewöhnliche Neubau eingeweiht. Das »Zentrum für Virtuelles Engineering« bietet nun als Living Lab das passende Umfeld für Innovationen in den Bereichen »Virtuelles Engineering«, »Virtual Reality Technologien« sowie »Zukunft der Arbeit«. Nun können Gäste schon heute in den verschiedenen Laboren die Arbeitswelten von morgen kennenlernen. ■



»Zentrum für Virtuelles Engineering«

Das »Zentrum für Virtuelles Engineering« wurde am 20. Juni feierlich eingeweiht. Das außergewöhnliche Gebäude haben die Architekturbüros ASPLAN und UNStudio entworfen. Finanziert wurde das 14,2 Millionen-Projekt von Bund und Land. Die Zukunftsoffensive III der Baden-Württemberg Stiftung hat den Bau mit 7,1 Mio. Euro gefördert. Weitere 7,1 Mio. Euro kamen aus der institutionellen Förderung der Fraunhofer-Gesellschaft vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). In dem 3100-Quadratmeter großen Gebäude arbeiten Forscher des IAO nun an den Themen »Virtuelles Engineering« und »Zukunft der Arbeit«.



Segeln mit Nerven aus Glas

Im Rennsport können winzige Details über Sieg oder Niederlage entscheiden. Die Hersteller von Rennyachten suchen daher ständig nach neuen Technologien, um Boote und Besegelung zu optimieren. Eine ausgetüftelte Sensorik hilft jetzt, Grenzen zu überschreiten.

Text Monika Weiner

Die Sehnsucht nach immer neuen Rekorden hat den Bootsbau zu einem Hightech-Geschäft gemacht. Die Rennyachten, die heute bei den großen internationalen Regatten an den Start gehen, sind auf Höchstgeschwindigkeit getrimmte Sportgeräte mit Rümpfen und Masten aus Karbonfasern, Segeln aus dünnen Membranen und keinem Gramm Bequemlichkeit. Seit Jahrzehnten werden die Boote immer weiter optimiert, doch unlängst schien die Grenze erreicht: Bei der fünften Etappe des »Volvo Ocean Race« im Frühjahr 2012 von Neuseeland nach Brasilien erreichte nur eines von sechs Teams ohne technische Probleme das Ziel – alle anderen mussten unterbrechen oder aufgeben. Die ultraleicht gebauten Yachten wurden von Stürmen und hohem Seegang aufgerissen. Es gab geborstene Rümpfe, Mast- und Schotbruch. Die Regatta eskalierte zur Materialschlacht. Dabei sind die Yachten, die an den Start gingen, die besten der Welt: »Diese Boote sind sehr gut gebaut«, beteuert Ian Walker, Skipper des Teams Abu Dhabi Ocean Racing. »Ich glaube nur, wir nehmen sie zu hart her und die Boote sind so steif und so leicht, dass ich glaube, sie müssen zwangsläufig brechen.«

Wie also baut man Yachten, die schneller sind als der Wind und doch so stabil, dass sie den harten Bedingungen auf hoher See trotzen können? Bootsbauer und Segelmacher auf der ganzen Welt suchen derzeit nach Lösungen.

Mit Sensorik auf Kurs gebracht

Ein neues Sensorsystem vom Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut HHI kann helfen, Schwachstellen rechtzeitig aufzuspüren und Segler warnen, wenn die Belastungsgrenze erreicht ist. Prof. Wolfgang Schade und sein Team in der Projektgruppe Faseroptische Sensorsysteme des HHI in Goslar haben Nerven aus Glas entwickelt, mit denen sich die Kräfte messen lassen, die auf Rümpfe,

Masten und Segel wirken. Eigentlich wurde die Technik für das Monitoring von Windkraftanlagen erarbeitet. Dort sind Rotorblätter und Kabel hohen Belastungen ausgesetzt. »Mit faseroptischen Sensoren können wir beispielsweise Delaminationen oder auch Risse in einem frühen Stadium detektieren – lange bevor Brüche oder Ausfälle auftreten«, erklärt der Physiker. Bisher werden für das Monitoring meist Dehnungsmessstreifen eingesetzt. Diese arbeiten elektrisch und das macht sie bei Gewitter anfällig für Störungen. Außerdem ist die Montage aufwändig, weil Hunderte von Kabeln verlegt werden müssen«, erklärt Schade. »Faseroptische Sensoren sind hier besser geeignet: Man benötigt nur ein Glasfaserkabel, das sich vergleichsweise leicht montieren lässt, in dieses lassen sich Dutzende von Sensoren integrieren. Weil kein elektrischer Strom fließt, kann ein Blitzschlag dem System nichts anhaben.«

Das Herzstück der neuen Technik sind »Faser-Bragg-Gitter«, mikroskopische Strukturen die in definierten Abständen in die Glasfaser integriert sind und die den Brechungsexponenten verändern. Licht, das durch die Glasfaser rast, wird von diesen Gitterpunkten reflektiert. Die Wellenlänge des reflektierten Lichts ist dabei abhängig vom Abstand der mikroskopischen Strukturen: Jede Dehnung oder Stauchung der Glasfaser verändert die Wellenlänge. Um das Reflexionsspektrum schnell und kostengünstig messen zu können, haben die Fraunhofer-Forscher ein Mini-Spektrometer entwickelt. Dieses besteht aus einem Chip, der Licht in verschiedene Frequenzen aufspaltet. Durch Analyse des Frequenzspektrums können die Wissenschaftler Rückschlüsse ziehen auf die Kräfte, denen die Glasfaser gerade ausgesetzt ist.

Die Idee, die Messtechnik auch auf Segelbooten einzusetzen, kam Schade, der selbst ein passionierter Segler ist, während eines Törns im Herbst 2010: »Beim Segeln geht es darum, den Wind

optimal zu nutzen und möglichst schnell zu sein. Gleichzeitig muss man aber verhindern, dass die Belastungsgrenze überschritten wird. Faseroptische Sensoren können dabei helfen, die Kräfte, denen Rumpf, Mast und Segel ausgesetzt sind, während der Fahrt in Echtzeit zu bestimmen.« Theoretisch können mit einem solchen Mess-System Bootsbauer und Segelmacher ihre Konstruktionen verbessern. Die Sensorik lässt sich zudem einsetzen, um den optimalen Trimm (Segelstellung) abhängig von Kurs und Windstärke zu ermitteln.

Dass sich faseroptische Sensoren auch in der Praxis eignen, um den Segelsport voranzutreiben, konnte Schade schon wenige Monate später unter Beweis stellen. Auf der Bootsmesse in Düsseldorf lernte er Jens Nickel kennen, den Chef der Segelwerkstatt Stade. Der war begeistert von der Idee, das Segeldesign mit Hilfe der neuen Messtechnik zu optimieren. Schon seit längerem experimentierte der Segelmacher mit neuen Materialien und Schnitten. Doch bisher hatte es keine Möglichkeit gegeben, die Materialbelastung auf See zu messen. In Nickels Werkstatt wurden in Zusammenarbeit mit dem Tuchhersteller Dimension Polyant ein Großsegel und eine Genua (vergrößertes Vorsegel auf Segelyachten) mit einem Spinnennetz aus Glasfasern, das 45 Messpunkte enthielt, versehen und beim anschließenden Probetörn vermessen. Das Ergebnis war sowohl für den Segelmacher als auch für den Forscher verblüffend: »Es stellte sich heraus, dass die Zugspannung im oberen Segelteil, dem Segelkopf, ganz oben im Segel, höher war als bisher angenommen«, so Nickel. »Die Belastung im Schothorn, dem unteren, hinteren Teil des Segels und im gesamten Achterleibs-Bereich, der das hintere Ende eines Segels bildet, waren hingegen geringer als man gedacht hatte.«

Die Segelwerkstatt Stade nutzte die Daten umgehend, um die Verarbeitung seiner Segel

Fasersensorik für den Segelsport. © Fraunhofer HHI



zu optimieren. Die stark belasteten Bereiche wurden verstrkzt, in den weniger beanspruchten Zonen setzt der Segelmacher jetzt leichteres Material ein.

Schneller als der Wind

Als nächstes will Schade und sein Team die Messtechnik fit machen für den Einsatz im Wettkampf. »Wir haben jetzt Segellatten mit faseroptischen Sensoren ausgerüstet, die Sportlern zukünftig dabei helfen können, den optimalen Trimm zu finden, mit der das Boot bei bestimmten Wind- und Wellenverhältnissen am schnellsten ist«, so Schade. Der optimale Trimm der Segel kann im Rennsport über Sieg und Niederlage entscheiden. Die faseroptischen Sensoren und die angeschlossene, nicht mehr

als eine Zigarettenschachtel große Messtechnik, die LED-Lichtquelle, Spektrometer und Elektronik enthält, liefern erstmals reproduzierbare Werte, die anzeigen, in welchen Bereichen zu viel oder zu wenig Druck herrscht oder wie sich die Belastungszonen verschieben, wenn beispielsweise die Schoten dichter geholt werden. Die Ergebnisse der neuen Sensortechnik sollen an Bord jederzeit und überall abrufbar sein – ein App, das das Abrufen der Echtzeit-Daten via Smartphone erlaubt, hat Schades Team bereits entwickelt. Das neue Messsystem kommt unter dem Markenamen NextSailSystem demnächst auf den Markt.

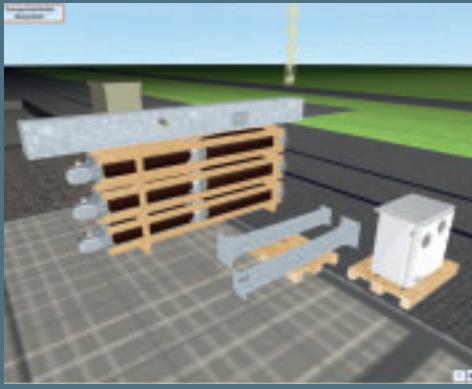
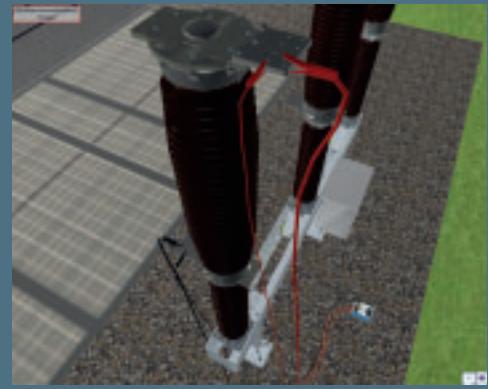
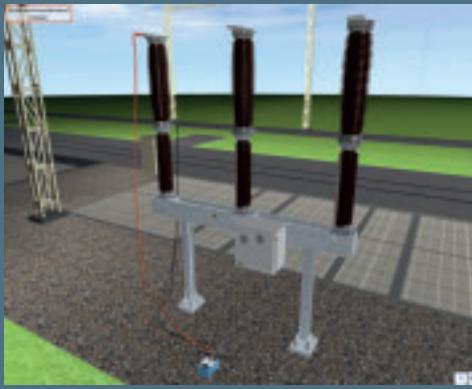
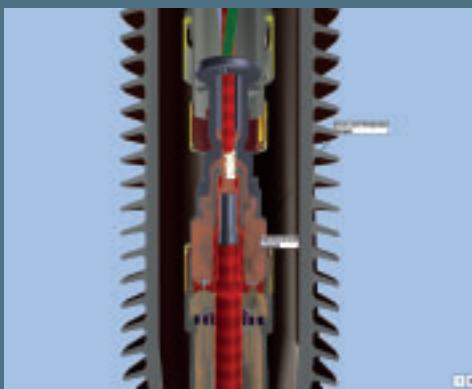
Auch in die Masten von Rennyachten bauen die Forscher faseroptische Sensoren ein: »Glasfaser lässt sich bei der Fertigung leicht in das

Karbonfaser-Laminat einbringen. Dort sind sie gut geschützt vor Wind und Wetter», erläutert Schade. Beim Segeln liefern die Glasfasern dann Informationen darüber, an welchen Stellen der Mast wie stark gebogen wird. Die Werte sind für Segler aus mehreren Gründen interessant: zum einen, weil die Biegung des Masts die Segelstellung beeinflusst; zum anderen, weil der Mast bei zu hoher Belastung brechen kann. Den Härtetest macht die Technik derzeit an Bord der »Shockwave«. Das amerikanische Rennboot wurde mit Sensoren im Mast einschließlich der dazugehörigen Messtechnik ausgerüstet, die während der nächsten Regatten Daten sammeln und der Crew helfen soll, abhängig von Wind und Seegang die Segelstellung zu finden, die das Schiff am schnellsten voranbringt, ohne Mast- und Schotbruch zu riskieren. ■

Lernen unter Hochspannung

Learning by doing - in der Praxis lernt man einfach schneller. Doch wenn das Lernobjekt unter Strom steht, ist ein falscher Handgriff lebensgefährlich. Die Lösung: eine virtuelle Lernumgebung.

Text: Bernd Müller



Ein dunkler Keller. Im Treppenhaus tobten spielende Kinder. Vor der Wand mit den Stromzählern steht ein Fahrrad. Jetzt nur keinen Fehler machen beim Abklemmen des Stromanschlusses, ein falscher Handgriff wäre lebensgefährlich. Also erst einmal die Kinder vor die Tür schicken, für Licht sorgen, das Fahrrad zur Seite schieben, dann die Schutzkleidung anziehen und das Werkzeug mit den isolierten Griffen bereit legen.

Leider müssen Mitarbeiter der Energieversorger auch ausrücken, um säumigen Kunden den Stromanschluss abzuklemmen. Diesmal findet die Aktion aber nicht in einem dunklen Keller statt, sondern im Trainingszentrum der RWE Deutschland AG in Plaist bei Koblenz. Dort schult der Energiekonzern seine Kundendienstmitarbeiter für das »Arbeiten unter Spannung«. Damit meint der Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik VDE »alle Arbeiten an oder in elektrischen Anlagen, deren spannungsfreier Zustand nicht oder nicht eindeutig hergestellt werden kann«. Anders gesagt: Wenn der Elektriker nicht aufpasst, kann er einen elektrischen Schlag bekommen. Damit genau das nicht passiert, üben die Servicetechniker diese Tätigkeiten im Trainingscenter – und zwar außer an realen Anlagen auch in der virtuellen Realität. Die Software, mit der die Szene im Keller so realitätsnah gezeigt wird, entwickelt das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg.

Die Experten in Magdeburg beschäftigen sich seit fast 20 Jahren mit virtueller Realität, seit 2006 auch mit der Visualisierung und dem interaktiven Erlernen von Arbeitsprozessen an elektrischen Anlagen. Das Ziel: Die praxisnahe Arbeit am Computer soll den Lernerfolg im Vergleich zum Frontalunterricht steigern. »Mit Learning by doing prägen sich die Arbeitsschritte viel besser ein«, sagt Tina Haase, Projektleiterin für virtuelle Lernumgebungen am IFF. Beispiel Zählersperren: Wie verhält man sich, wenn es im Keller keine ausreichende Beleuchtung gibt? Was tut man, wenn vor den Zählern eine Wasserpütze auf dem Boden ist? Solche Situationen bewältigen die RWE-Mitarbeiter nun am Computer, wo sie realistisch erleben, welche Konsequenzen Fehler haben. Noch ein Beispiel: Beim Anlegen der Schutzkleidung muss der Mitarbeiter die vorgeschriebenen Kleidungsstücke – unter anderem eine flammesichere Jacke – in der richtigen Reihenfolge auf einen Dummy ziehen.

In einem Pilotprojekt mit dem Technik Center Primärtechnik der RWE Rhein-Ruhr Netzservice

GmbH in Wesel hat das IFF eine Lernumgebung für die Demontage von Transformatoren entwickelt, die auf Bahnwaggons verladen werden müssen. Dieses erste gemeinsame Projekt aus dem Jahr 2006 war aufwändig, weil es von den alten Transformatoren keine CAD-Daten gibt und die IFF-Experten das dreidimensionale Modell für das virtuelle Training aus alten Konstruktionszeichnungen neu modellieren mussten.

Virtuelle Leistungsschalter instand halten

Beim nächsten Projekt – der Instandhaltung von Leistungsschaltern – war schnell klar, dass die Gerätehersteller mit ins Boot sollten, in diesem Fall der Produzent der Schaltgeräte, die Alstom Grid GmbH in Kassel. Alstom lieferte die wertvollen CAD-Daten. Das IFF entwickelte die Technologie der virtuellen Realität, von RWE und Alstom kam das Expertenwissen für die Lernaufgaben. Auch wenn die Leistungsschalter bei der Instandhaltung nicht unter Spannung stehen, ist die Arbeit dennoch gefährlich, da die Schalter mit großen Energiespeichern gekoppelt sind, in denen eine Federvorspannung von bis zu zwei Tonnen und somit ein erhebliches Verletzungspotenzial besteht. Auch hier muss jeder Handgriff sitzen. Außerdem verbessert das virtuelle Modell die Kommunikation. Weil alle Mitarbeiter am selben Modell lernen, benutzen sie dieselben Begriffe für dieselben Bauteile. Früher kam es schon einmal zu Missverständnissen zwischen dem Außendienstmitarbeiter und dem Kollegen in der Zentrale, der am Telefon die Schadendiagnose aufnimmt. Heute verhindert der gemeinsame Blick auf das virtuelle Modell solche Unklarheiten.

Das spart Zeit und Kosten. »Virtuelle Realität rechnet sich, weil sie beliebig duplizierbar ist und über die Möglichkeiten eines realen Trainings hinausgeht«, wirbt Tina Haase, die eine grobe Kostenrechnung vorgenommen hat. Ein funktionales virtuelles Schnittmodell einer Polsäule kostet circa 25 000 Euro, ein reales Modell nur etwa 10 000 Euro. Das virtuelle Modell kann jedoch ohne weitere Kosten auf beliebig vielen Laptops genutzt werden. Bei realen Modellen entstehen weit höhere Kosten durch die Anschaffung mehrerer Exemplare, etwa für die Nutzung in Seminaren und an verschiedenen Standorten. Virtuelle Schnittmodelle bieten deutlich mehr Funktionalität als ein physisches Modell: Neben den mechanischen Bewegungen lassen sich zum Beispiel auch unsichtbare Prozesse wie der Stromfluss sichtbar machen. Ein

Vergleichstest hat ergeben, dass man mit den virtuellen Modellen einen höheren Lernerfolg erzielt. In der Untersuchung wurde eine Gruppe mit dem bisher üblichen Frontalunterricht geschult, die andere Gruppe durfte zusätzlich am virtuellen Modell üben. Nach vier Wochen Schulung konnte die Gruppe, die das virtuelle Training absolviert hat, die Aufgaben am realen Schalter in der Werkstatt schneller erledigen und machte weniger Fehler. Angenehmer Nebeneffekt: Die jüngeren Schulungsteilnehmer, die Erfahrung mit Computerspielen hatten, wurden durch das Lernen in der virtuellen Welt zusätzlich motiviert. Und auch den erfahrenen Mitarbeiter machte die Schulung viel Spaß: Sie haben das virtuelle Modell bis ins Detail erkundet und sogar in der Vergangenheit bearbeitete Störungen rekonstruiert.

Die Trainingssimulation der Leistungsschalter ist Teil des Projekts ViERforES (Virtuelle und Erweiterte Realität für höchste Sicherheit und Zuverlässigkeit von Eingebetteten Systemen). An dem Projekt, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF gefördert wird, sind neben dem IFF das Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE in Kaiserslautern sowie die Universitäten Magdeburg und Kaiserslautern beteiligt. ViERforES ist die Basis für weitere Anwendungen.

Virtuelle Trainingsanwendungen in Schulungen

Die Zusammenarbeit mit RWE und Alstom geht weiter. RWE plant künftig den Einsatz virtueller Trainingsanwendungen in Schulungen der Arbeitssicherheit. Vorsichtsmaßnahmen wie das Freischalten und Erden elektrischer Anlagen sollen den Technikern in Fleisch und Blut übergehen. Thorsten Tabke, Projektleiter bei RWE, ist begeistert von Virtual Reality: »Neben den hervorragenden Möglichkeiten in der Weiterbildung haben wir mit diesem System ein einfaches, selbsterklärendes Werkzeug zur Know-how-Sicherung.«

Alstom möchte die Zusammenarbeit ausbauen. Geplant ist eine interaktive Wissensbasis, wo die Monteure vor einem heiklen Serviceeinsatz alle erforderlichen Informationen nachschlagen können. Virtuelle Realität ist ein ideales Marketinginstrument. Alstom möchte die IFF-Software seinen Vertriebsmitarbeitern zur Verfügung stellen, damit diese ihren Kunden am virtuellen Modell die besonderen Eigenschaften und Leistungsmerkmale der Schaltgeräte verständlich und nachvollziehbar erläutern können. ■

Erträge aus der Wirtschaft deutlich gesteigert

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist auch im Jahr 2011 weiter gewachsen. Das Finanzvolumen stieg um 12 Prozent auf 1,85 Milliarden Euro an. Besonders erfreulich: Die Erträge aus der Wirtschaft erhöhten sich um 15 Prozent auf 531 Millionen Euro.

Text: Birgit Niesing

»Die positive konjunkturelle Entwicklung in Deutschland spiegelt sich auch in dem guten Ergebnis für das Jahr 2011 wider«, sagt Professor Hans-Jörg Bullinger, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, bei der Vorstellung der Zahlen für das Vorjahr. »Das Finanzvolumen ist von 1,66 Milliarden Euro auf 1,85 Milliarden Euro gestiegen. Das entspricht einem Wachstum von zwölf Prozent.«

Das Finanzvolumen der Forschungsorganisation setzt sich aus den Haushalten der Vertrags- und der Verteidigungsforschung sowie den Ausbauinvestitionen zusammen. »Die Vertragsforschung – das ist der wesentliche Bereich für Forschungs- und Entwicklungsleistungen – wuchs um acht Prozent auf 1,515 Milliarden Euro. Im Leistungsbereich Verteidigungsforschung lag der laufende Haushalt mit 98 Millionen Euro um fünf Prozent über dem Niveau von 2010. Die Ausbauinvestitionen erhöhten sich deutlich auf 236 Millionen Euro«, erläutert Finanzvorstand Prof. (Univ. Stellenbosch) Dr. Alfred Gossner das Ergebnis 2011.

Deutlich mehr Wirtschaftserträge

Im Bereich der Vertragsforschung stiegen die Projekterträge auf 1,1 Milliarden Euro – das sind die Einnahmen aus Aufträgen mit der Wirtschaft, öffentlich geförderten Projekten und Lizenzien. »Besonders erfreulich haben

sich die Wirtschaftserträge entwickelt«, hebt Gossner hervor. »Sie legten um 15 Prozent zu und markierten mit 531 Millionen Euro einen historischen Höchststand.« Die Wirtschaftserträge haben sich zum zweiten Mal in Folge deutlich erhöht. Mit einer Steigerung um 15 Prozent liegen Aufträge aus der Industrie im Jahr 2011 nun bei 406 Millionen Euro. Durch Lizenzien nahm Fraunhofer 125 Millionen Euro ein. Die Erträge aus öffentlichen Projekten mit Bund und Ländern betrugen 405 Millionen Euro. Aus EU-Projekten erwirtschaftete Fraunhofer 71 Millionen Euro.

Neben den Einnahmen aus Aufträgen der Industrie sowie aus öffentlichen Projekten basiert das Finanzierungsmodell der Fraunhofer-Gesellschaft auf einer dritten Säule, der Grundfinanzierung. Die Grundfinanzierung tragen Bund und Länder im Verhältnis 90:10. Diese Mittel nutzt Fraunhofer für Vorlauf-forschung, Erweiterung des Technologieportfolios sowie für interne Programme. Im Geschäftsjahr 2011 erhöhte sich diese institutionelle Förderung um fünf Prozent.

Drei Erfindungen pro Werktag

2011 haben Fraunhofer-Forscher 673 neue Erfindungen gemeldet. Dies entspricht etwa drei Erfindungen pro Werktag. Davon wurden 494 Entwicklungen zum Patent angemeldet. Der Be-

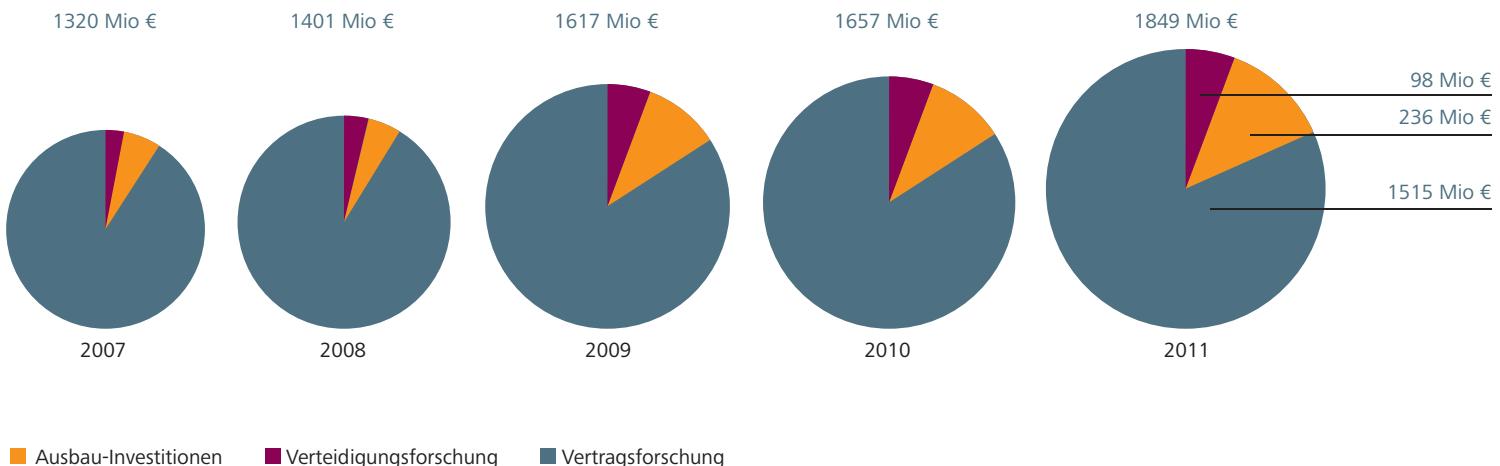
stand aktiver Schutzrechte und Schutzrechtsanmeldungen erhöhte sich auf über 6131.

Ausbau der Institute vorangetrieben

Im Geschäftsjahr 2011 hat Fraunhofer 236 Millionen Euro in die Forschungsinfrastruktur seiner Institute investiert. Das ist Rekordniveau. »Dieses hohe Investitionsvolumen ist vor allem bedingt durch die Förderung aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung EFRE und dem Konjunkturprogramm 2«, erläutert Gossner. Den Ausbau haben zum großen Teil Bund und Länder gefördert, eine Kofinanzierung in Höhe von 51 Millionen Euro erfolgte aus Mitteln des EFRE. Zudem wurden 59 Millionen Euro aus dem Konjunkturprogramm 2 eingesetzt. Im vergangenen Jahr konnte Fraunhofer unter anderem den Ausbau des Anwendungszentrums »Polymer-Nanotechnologien« des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Polymerforschung IAP sowie zwei große Bauprojekte des Fraunhofer-Centers für Silizium-Photovoltaik CSP vorantreiben.

Im Leistungsbereich Verteidigungsforschung sind die Kompetenzen der sieben auf dem Forschungsgebiet Verteidigung und Sicherheit tätigen Institute zusammengefasst. Im Vorjahr wuchs der Haushalt für die Verteidigungsfor-

Entwicklung der Erträge des Leistungsbereichs Vertragsforschung 2007–2011



schung um fünf Prozent auf 98 Millionen Euro. 56 Millionen Euro wurden vom Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) grundfinanziert.

Erstmals mehr als 20 000 Beschäftigte

Im Vorjahr hat Fraunhofer 1300 neue Beschäftigte eingestellt. Damit stieg die Zahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf mehr als 20 000 an. »Um die wachsende Anzahl an Forschungsprojekten und das steigende Auftragsvolumen bearbeiten zu können, benötigen wir auch künftig weitere neue qualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter«, betont der Personalvorstand der Fraunhofer-Gesellschaft, Dr. Alexander Kurz.

Um gut ausgebildete Beschäftigte zu gewinnen, setzt Fraunhofer auf ein umfassendes Talentmanagement. Ein Beispiel ist das Programm »Attract«. Es wendet sich gezielt an externe Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit innovativen Ideen aus international renommierten Einrichtungen oder aus Industrieunternehmen. Sie erhalten die Möglichkeit, als Gruppenleiterin oder Gruppenleiter mit Anbindung an ein Fraunhofer-Institut ihre Arbeiten weiter in Richtung Anwendung zu entwickeln. Fraunhofer fördert aber auch gezielt interne Führungskräfte – etwa mit der »Vintage Class«. Das Programm ist für

Nachfolge-Kandidatinnen und -Kandidaten für das obere Institutsmanagement konzipiert.

Fraunhofer ist ein beliebter Arbeitgeber. Das hat die Mitarbeiter-Befragung im Vorjahr ergeben. 86 Prozent der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind stolz darauf, bei Fraunhofer zu arbeiten. Im Durchschnitt sagen das in Deutschland nur 60 Prozent über ihren Arbeitgeber.

Erfolgreich im Ausland

Im Geschäftsjahr 2011 hat Fraunhofer mit internationalen Partnern 200 Millionen Euro (ohne Lizenzentgelte) umgesetzt. Dies entspricht einem Zuwachs von 14 Prozent im Vergleich zum Jahr 2010. Die Erträge aus Kooperationen mit der Europäischen Wirtschaft und im Rahmen EU geförderter Verbundforschung stiegen sogar um 17 Prozent auf knapp 145 Millionen Euro. Durch Aufträge mit europäischen Partnern erwirtschaftete Fraunhofer mehr als 74 Millionen Euro, das ist eine Steigerung von 27 Prozent.

Fraunhofer hat sich bislang vor allem in Europa, den USA und Asien engagiert. Nun möchte die Forschungsorganisation ihre internationalen Aktivitäten auch in der neuen Wachstumsregion Südamerika verstärken. Im September 2011 eröffnete die Forschungsorganisation das erste Fraunhofer Center in Südamerika, das Fraunhofer Center for

Systems Biotechnology CSB in Santiago de Chile. Eine sich kontinuierlich verändernde Forschungslandschaft und kürzer werdende Innovationszyklen erfordern für eine Forschungsorganisation einen flexiblen Strategieplanungsprozess, der sich an wahrscheinlichen Umfeldszenarien orientiert. Im vergangenen Jahr hat Fraunhofer deshalb den Strategieprozess 2025 gestartet, der auf einer Szenarioanalyse basiert.

Bei der Identifikation von neuen und innovativen Zukunftsfeldern orientiert sich die Fraunhofer-Gesellschaft sowohl an kurz- und mittelfristigen technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen als auch an langfristig erkennbaren Trends. Eine sich deutlich abzeichnende Entwicklung ist die weltweite Urbanisierung und die damit wachsende Bedeutung von Städten als zentraler Lebensraum. Unter dem Schlagwort »Morgenstadt« arbeiten Fraunhofer-Forscher an der Vision einer nachhaltigen, lebenswerten und zukunftsfähigen Stadt. »Durch die breite FuE-Kompetenz innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft können wir in herausragendem Umfang zur Erreichung der Vision »Morgenstadt« beitragen«, ist Fraunhofer-Präsident Bullinger überzeugt. »Die zentrale Herausforderung liegt nicht in der weiteren Optimierung einzelner Technologiebereiche, sondern in der langfristigen Zusammenführung dieser Systeme in der nachhaltigen Stadt der Zukunft.« ■

Zukunft heute gestalten



Unter dem Motto »Leben und arbeiten in der Morgenstadt« lud die Fraunhofer-Gesellschaft zu ihrer Jahrestagung nach Stuttgart ein. Etwa 700 Gäste aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft bekamen in der Liederhalle einen ersten Eindruck, wie die Stadt von morgen aussehen kann. Ein Höhepunkt der Veranstaltung war die Vergabe der Wissenschaftspreise.

Text: Birgit Niesing

Fraunhofer-Präsident Professor Hans-Jörg Bullinger begrüßte die Gäste der Jahrestagung.
© Victor Brigola

Im Anschluss an die Festveranstaltung verwandelte sich die Bühne in eine Bar. © Victor Brigola



Nur ein paar Striche auf dem Overhead-Projektor und schon entsteht aus der Hand von Professor Hans-Jörg Bullinger die Vision der »Morgenstadt«. Die roten Skyline-Umrisse fließen über die Projektionsfläche hinaus und füllen Bühne, Wände und Decken. Aus den Linien baut sich eine futuristische Stadt auf. So begann die Jahrestagung der Fraunhofer-Gesellschaft.

Die Festveranstaltung am 8. Mai stand unter dem Motto »Leben und arbeiten in der Morgenstadt«. Warum sich die Forschungsorganisation gerade diesem Thema widmet und was sich hinter der Vision »Morgenstadt« verbirgt, machte Fraunhofer-Präsident Bullinger in seiner Rede deutlich: »Die Urbanisierung der Welt schreitet voran. Schon heute lebt die Hälfte der Weltbevölkerung in städtischen Gebieten. Das sind etwa 3,4 Milliarden Menschen. Bis zum Jahr 2050 werden es insgesamt 6,4 Milliarden Männer, Frauen und Kinder sein«, sagte Bullinger. »Obwohl die Städte nur knapp drei Prozent der Erdoberfläche belegen, sind sie für etwa 80 Prozent aller CO₂-Emissionen verantwortlich. Sie verbrauchen drei Viertel aller Ressourcen, stoßen gigantische Wolken von Treibhausgasen aus, hinterlassen Milliarden Tonnen Müll und ganze Ströme giftiger Abwässer.« Doch wie lassen sich diese großen Herausforderungen bewältigen?

Eine Lösung kann der ökologische Umbau der Städte sein, so der Fraunhofer-Präsident: »In einem multidisziplinären Expertenkreis haben wir die Vision »Morgenstadt – eine Antwort auf den Klimawandel« entwickelt und die Grundlagen für die >CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt< erarbeitet.« Forscher entwickeln Lösungen, um die Metropolen künftig mit Energie, Trinkwasser sowie Nahrung zu versorgen und Mobilität bereitzustellen. Ziel der Fraunhofer-Wissenschaftler ist es, nicht nur einzelne Technologien weiter zu optimieren, sondern sie zu einem ganzheitlichen Systemansatz zusammen zu führen. Professor Bullinger lud die Gäste in der Liederhalle ein, als Mitgestalter unserer Zukunft, der Morgenstadt, zu wirken.

Bullinger warf in seiner Ansprache aber nicht nur einen Blick auf die Stadt der Zukunft, sondern auch auf die weitere Entwicklung der Fraunhofer-Gesellschaft. Er stellte den Gästen der Jahrestagung den künftigen Präsidenten der Forschungsorganisation, Professor Reimund Neugebauer, vor. Der Leiter des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz war erst wenige Stunden zuvor vom Senat zum Nachfolger Bullingers gewählt worden. Der studierte Maschinenbauer tritt im Oktober das Amt an.



Bundesforschungsministerin Annette Schavan im Gespräch mit Professor Ekkehard D. Schulz, dem Vorsitzenden des Senats der Fraunhofer-Gesellschaft (m.), und Professor Reimund Neugebauer, dem künftigen Fraunhofer-Präsidenten. © Victor Brigola

»Die Idee und das Konzept Morgenstadt sind in enger Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF und starkem persönlichem Engagement von Forschungsministerin Professor Schavan entstanden«, erläuterte Bullinger. Deshalb freute er sich besonders, Annette Schavan willkommen zu heißen. In ihrer Ansprache machte auch Schavan deutlich, dass es wichtig sei, Lösungen für die globalen Herausforderungen wie Klimawandel, Ressourcenknappheit oder Urbanisierung zu entwickeln. Deshalb habe die Bundesregierung das Wissenschaftsjahr 2012 unter das Motto »Zukunftsprojekt Erde« gestellt. In ihrer Ansprache hob Schavan hervor, Welch herausragende Arbeit Professor Bullinger in den vergangenen zehn Jahren als Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft geleistet habe. Ihm sei es in seiner Amtszeit gelungen, sowohl den Gesamthaushalt als auch die Mitarbeiterzahlen zu verdoppeln. Zudem habe er mit großer Dynamik den Dialog zwischen Wissenschaft und Politik vorangetrieben.



Die Moderatorin Petra Klein interviewte die Hugo-Geiger-Preisträger Anna Marie Kruspe, Harry Kummer und Sven Rademacher (v.l.n.r.). © Victor Brigola

Der zweite Preis ging an Harry Kummer für sein neues Beschichtungssystem für Wärmetauscher. Auf Platz drei: Anna Marie Kruspe. Sie hat ein automatisiertes Klassifikationsverfahren für Weltmusik entwickelt. Die Preise sind mit 5000, 3000 und 2000 Euro dotiert.

Exzellente wissenschaftliche Verbundprojekte zeichnet der Stifterverband aus. In diesem Jahr geht der mit 50 000 Euro ausgelobte Preis an ein Team aus Forschern des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT und mehreren Verbundpartnern aus Wissenschaft und Wirtschaft (s. S. 37). Sie wurden für die Entwicklung leistungsstarker, ultrakurzer Laserpulse ausgezeichnet. Dr. Arend Oetker, der Präsident des Stifterverbands überreichte den Preis.

Bereits seit 1978 ehrt die Fraunhofer-Gesellschaft Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für herausragende wissenschaftliche Leistungen mit den Joseph-von-Fraunhofer-Preisen. Die Auszeichnungen sind mit 20 000 Euro dotiert. In diesem Jahr wurde erstmals der »Fraunhofer-Preis – International« verliehen. Und der prämierte Laserscanner hat sich wahrlich weltweit bewährt. Das System sorgt unter anderem in Italien, Hongkong, Südkorea und Malaysia für sicheren Schienenverkehr (s. S. 41). Dafür haben Dr. Heinrich Höfler und Dipl.-Ing. Harald Wölfelschneider vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM einen der Joseph-von-Fraunhofer-Preise 2012 erhalten.

Kratzfeste Displays, schmutzabweisende Lacke – solche funktionale Schichten sind ein Schlüssel für Innovationen. Mit einem neuen Plasma-Verfahren lassen sie sich einfacher und kostengünstiger aufbringen. Für diese Entwicklung wurden die Wissenschaftler Dr. Jörg Ihde und Dr. Uwe Lommatsch vom Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM mit dem Fraunhofer-Preis ausgezeichnet (s. S. 38).

Immer schnellere und leistungsfähigere Chips muss die Halbleiterindustrie liefern. Möglich machen soll dies die Next Generation Lithographie EUV – Licht mit Wellenlängen im extremen ultravioletten Bereich. Wesentliche Komponenten hierfür haben Dr. Klaus Bergmann, Dr. Stefan Braun und Dr. Torsten Feigl von den Fraunhofer-Instituten für Lasertechnik ILT Aachen, für Werkstoff- und Strahltechnik IWS Dresden und für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF Jena entwickelt (s. S. 39). Für ihre Arbeiten haben sie ebenfalls einen der diesjährigen Fraunhofer-Preise erhalten.

Schmieren mit Wasser – hört sich unmöglich an, ist aber machbar. Dank Wissenschaftlern des Fraunhofer-Instituts für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV sowie Partnern aus der Industrie. Gemeinsam haben sie einen marktfähigen Kühlschmierstoff auf Wasserbasis entwickelt (s. S. 40). Dafür wurden Dr. Peter Eisner, Dipl.-Ing. Andreas Malberg und Dr. Michael Menner mit einem der Joseph-von-Fraunhofer-Preise 2012 geehrt. Dass der neue Schmierstoff tatsächlich funktioniert, demonstrierten die Preisträger gleich auf der Bühne an einer Ständerbohrmaschine. Dort durchbohrten sie Flaschenöffner mit Fraunhofer-Logo, die die Gäste als Erinnerung an den gelungenen Abend mit nach Hause nehmen konnten.

Nach der Preisverleihung wandelte sich die Bühne in eine Bar. Dort feierten die Gäste bis lange nach Mitternacht die ausgezeichneten Forscher und die vielfältigen Ideen für die Stadt von morgen. ■

Die Morgenstadt bot auch die richtige Kulisse für die Vergabe der Wissenschaftspreise. Die ausgezeichneten Forscher und ihre Arbeiten stellte die SWR-Moderatorin Petra Klein vor, die durch den abwechslungsreichen Abend führte. Eingeleitet wurde dieser Teil der Veranstaltung durch die street art-Künstler der Gruppe UR-BANATIX. Sie erweckten mit Parcoursspringen, Freerunning und Breakdance die Morgenstadt zum Leben.

Ausgezeichnete Wissenschaftler

Bei der Präsentation der Preise zeigte sich, dass schon heute wichtige Komponenten für die Morgenstadt bereitgestellt werden. Ein Beispiel ist das infrarot-optische Filterphotometer. Damit lassen sich Gase mobil und genau messen. Das Gerät kann künftig zum Beispiel die Luft in Ballungszentren überwachen. Für diese Entwicklung erhielt Sven Rademacher den ersten Hugo-Geiger-Preis. Mit dieser Auszeichnung des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie werden hervorragende anwendungsorientierte Diplomarbeiten oder Masterarbeiten geehrt.



Die diesjährigen Preisträger und der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, Hans-Jörg Bullinger. © Dirk Mahler

Ultrakurze Laserpulse für Wissenschaft und Industrie



Je kürzer die Pulsdauer, desto präziser arbeitet das Laserwerkzeug. Mit ultrakurzen Laserpulsen eröffnen sich neue Anwendungen in Medizin oder Materialbearbeitung. Denn dank der kurzen Pulse erwärmt sich das bearbeitete Material kaum noch.

Text: Beate Koch

1. Reihe (v.l.n.r.): Dr. Daijun Li, Andreas Vernaleken, Hans-Dieter Hoffmann, Matthias Winzen, Rudolf Meyer, 2. Reihe (v.l.n.r.): Dr. Peter Rußbühl, Dr. Jan Dolkemeyer, Johannes Weitenberg, 3. Reihe: (v.l.n.r.): Dr. Joachim Pupeza, Guido Rotarius, Martin Traub, Dr. Torsten Mans, Marco Höfer. © Dirk Mahler/Fraunhofer

Lasertechnik verwendet Licht. Licht lässt sich schnell und präzise ablenken, formen und fokussieren. Pulst man Laserlicht und verkürzt die Pulsdauer immer weiter, arbeitet das Laserwerkzeug noch präziser. Ein Vorteil: Das bearbeitete Material erwärmt sich immer weniger. Deshalb sind ultrakurze Pulse mit hoher Leistung ideal für die Medizin, etwa bei Schädeloperationen, da die Hirnhaut nicht geschädigt wird, oder beim Abtragen von Tumorgewebe, um umgebendes Gewebe und Blutgefäße zu schonen. Aber auch in der Materialbearbeitung wird diese Präzisionstechnik geschätzt, zum Beispiel beim Bearbeiten von Glas: Mit Laser lassen sich schmale Lautsprecherschlitz in Smartphone-Displays schneiden.

Die genauere und schonendere Bearbeitung hochempfindlicher Materialien durch ultrakurze Laserpulse ist seit Jahren anerkannt. Bisher mangelte es aber häufig an Leistung. Die neu entwickelte Laser-Plattform löst dieses Problem mit dem INNOSLAB-Verstärker als Herzstück. Um eine Laserkristall-Platte – den Slab – gruppieren sich vier Spiegel. An den beiden gegenüberliegenden Seiten des Slabs tritt ein Pumpstrahl ein. Ultrakurze Laserpulse passieren durch wieder-

holtes Umlenken über die Spiegel mehrmals den Slab. Dabei wird jedes Mal Energie vom Pumpstrahl auf die Laserpulse übertragen, bis die gewünschte Leistung erreicht ist.

Höhere Leistung für höhere Produktionszahlen

Entwickelt wurde diese Plattform vom Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen und zusammen mit mehreren Verbundpartnern aus Wissenschaft und Wirtschaft weiter verfeinert: dem Lehrstuhl für Lasertechnik der RWTH Aachen University, dem Max-Planck-Institut für Quantenoptik MPQ in München sowie den Unternehmen Jenoptik AG, EdgeWave und Amphos – die letzten beiden sind Ausgründungen des ILT. Um neue Märkte für Lasersysteme mit ultrakurzen Wellenlängen zu erschließen, musste das Entwicklerteam die mittlere Laserleistung von Ultrakurzpuls-Strahlquellen steigern – bis in den Bereich einiger 100 Watt. Denn höhere Leistung ermöglicht höhere Produktionszahlen in der Wirtschaft und kürzere Messzeiten bei wissenschaftlichen Experimenten. Zwei Verbundprojekte drehten sich zwischen 2008 und 2011 um die Entwicklung

der neuen Strahlquelle: Im Projekt PIKOFLAT, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF geförderte wurde, ging es um die Strukturierung von Druck- und Prägewerkzeugen. Ziel war hierbei, die Bearbeitungszeiten zu reduzieren und gleichzeitig die Qualität deutlich zu steigern. Das Ergebnis ist zum Beispiel die Fertigung von Prägewälzen, mit denen besonders feinstrukturierte Kunststoffoberflächen für den Automotive Bereich gefertigt werden. Im zweiten Verbundprojekt KORONA kooperierte Fraunhofer eng mit dem Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching bei München und mit der RWTH Aachen University. Gemeinsam entwickelten die Wissenschaftler eine kompakte Strahlquelle, deren besonders kurzwelliges Licht die Untersuchung von Nanostrukturen ermöglicht.

Filme und Podcasts:
www.fraunhofer.de/presse

Für ihre hervorragende standort- und themenübergreifende Zusammenarbeit zum Thema Laserplattform zur Skalierung der Leistung ultrakurzer Laserpulse erhielt das Team den Wissenschaftspreis des Stifterverbandes. ■

Funktionale Schichten aus der Plasmadüse

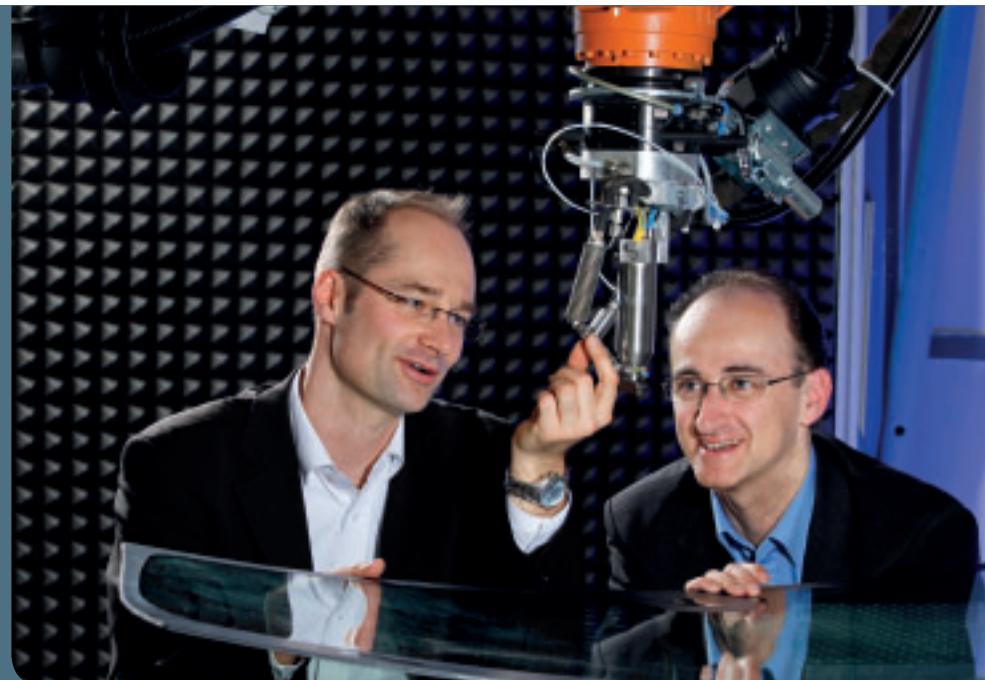
Sie bieten Schutz vor Rost, Kratzern und Feuchtigkeit oder verbessern die Haftung: Oberflächen mit einer Nanobeschichtung. Mit einem neuen Plasmaverfahren können sie einfacher und kostengünstiger aufgebracht werden – im industriellen Maßstab.

Text: Beate Koch

Dr. Jörg Ihde und Dr. Uwe Lommatsch (v.l.n.r.) entwickelten ein neues Beschichtungsverfahren für funktionale Nanoschichten – mit einer Plasmadüse bei Atmosphärendruck. © Dirk Mahler/Fraunhofer

Bei der Herstellung von Produkten ist die Beschichtungstechnik ein wesentlicher Innovationstreiber – etwa um kratzfeste Displays für Smartphones oder antibakterielle Oberflächen im Kühlschrank zu produzieren. Andere Schichten schützen Bauteile vor Korrosion oder Alterung, wie beispielsweise in einem Solarzellenmodul oder einem Automotor.

Derzeit sind vor allem nasschemische Verfahren oder Plasmaprozesse im Vakuum im Einsatz. Beides hat Nachteile: Vakuumanlagen sind teuer, auf kleinere Bauteile beschränkt und es wird relativ viel Zeit benötigt, um eine Schicht aufzubringen. Nasschemische Verfahren benötigen viel Ressourcen und Energie; zudem gibt es Schwierigkeiten bei der Behandlung von Materialkombinationen für den Leichtbau. Dr. Jörg Ihde und Dr. Uwe Lommatsch vom Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen entwickelten mit ihrem Team und der Plasmatreat GmbH ein neuartiges Plasma-Beschichtungsverfahren, das bei Umgebungsdruck arbeitet. »Genau das ist eine besondere Herausforderung«, erklärt Jörg Ihde. »Durch den über 10 000-fach höheren Druck und ohne Vakuumreaktor mussten wir



vermeiden, dass sich störende Partikel bilden und in die Beschichtung einbauen. Das war der Schlüssel, um robuste und effiziente Industrieprozesse zu entwickeln.«

Eine Düse – verschiedene funktionale Schichten

Zentrales Element ist eine Plasmadüse, die nicht größer ist als eine typische Spraydose. Trotzdem verbirgt sich in ihr ein komplexes Beschichtungssystem. »Wir erzeugen in der Düse durch eine elektrische Entladung kleine Blitze – ein Plasma, das in Form eines Strahls aus der Düse ausströmt. Am Ausgang der Düse speisen wir gezielt die Materialien ein, die im Plasma angeregt, fragmentiert und dann aus dem Plasmastrahl heraus als funktionale Nanoschicht auf der Oberfläche abgeschieden werden«, sagt Uwe Lommatsch. »Wir erzielen sehr hohe Abscheideraten. So lassen sich schnelle und kostengünstige Produktionsprozesse realisieren.« Der Einsatz einer Düse ermöglicht es, die Schicht sehr exakt und nur an den benötigten Stellen aufzubringen. »Zudem können wir mit der gleichen Düse Schichten mit unterschiedlichen Funktionalitäten auftragen«, so Jörg Ihde. Man benötigt nur

wenig Beschichtungsmaterial und es lassen sich nahezu alle Materialien sowie Materialkombinationen mit unterschiedlichen Schichtfunktionalitäten versehen. Weitere Vorteile: Das Verfahren kann leicht in eine Inline-Fertigung integriert werden, benötigt wenig Platz und lässt sich einfach automatisieren; die Investitionskosten sind niedrig und es schont die Umwelt. Die Anwendungsmöglichkeiten sind vielfältig: etwa um eine haftvermittelnde Beschichtung auf Autoscheiben vor dem Einkleben abzuscheiden, um umweltbedenkliche Chemikalien zu ersetzen oder als Ersatz für dicke Schutzlacke auf elektronischen Leiterplatten. Schon eingesetzt wird das Verfahren unter anderem für den lokalen Korrosions- und Alterungsschutz in der Automobilindustrie sowie in der Energietechnik.

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

Für die Entwicklung eines ressourceneffizienten Verfahrens zur Hochrate-Abscheidung funktionaler Nanoschichten mittels Atmosphärendruck-Plasmatechnik erhielten Dr. Jörg Ihde und Dr. Uwe Lommatsch einen der diesjährigen Joseph-von-Fraunhofer-Preise. ■

Leistungsschub für Mikrochips



Die Halbleiterindustrie steht vor der Herausforderung, immer schnellere und leistungsfähigere Chips zu liefern. Mit der Next Generation Lithografie mit EUV-Strahlung soll das gelingen.

Text: Beate Koch

Gemeinsam entwickelten sie wesentliche Komponenten für die EUV-Lithografie: Dr. Tosten Feigl, Dr. Stefan Braun und Dr. Klaus Bergmann (v.l.n.r.) mit einem Kollektorspiegel. © Dirk Mahler/Fraunhofer

Flache Computer, leistungsstarke Mobiltelefone und Tablets – immer kleiner und komplexer werden die integrierten Schaltkreise, die Leistungszentralen unserer Rechner. Die Mikrochips heutiger Computer enthalten bereits rund zwei Milliarden Transistoren. Um die Dichte auf den Chips überhaupt hinzubekommen, werden die Strukturen mittels Lithografie auf die Chips belichtet. Um zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden, plant die Halbleiterindustrie die Belichtung mit 193 nm Wellenlänge auf eine mit nur noch 13,5 nm Wellenlänge umzustellen. Das kann nur mit völlig neuen Strahlungsquellen erreicht werden. Favorit der Next Generation Lithographie ist EUV – Licht mit Wellenlängen im extremen ultravioletten Bereich.

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

Dr. Klaus Bergmann, Dr. Stefan Braun und Dr. Tosten Feigl von den Fraunhofer-Instituten für Lasertechnik ILT Aachen, für Werkstoff- und Strahltechnik IWS Dresden und für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF Jena entwickelten mit ihren Teams wesentliche Elemente für die EUV-Lithografie: Strahlungsquellen (ILT),

Kollektortoptiken (IOF) sowie Beleuchtungs- und Projektionsspiegel (IWS). Für ihre Leistungen in dieser strategischen Zusammenarbeit erhielten sie einen Joseph-von-Fraunhofer-Preis 2012.

Die Leistungsfähigkeit der Strahlquelle ist ein Schlüssel, um EUV wirtschaftlich zu nutzen. Das Team um Klaus Bergmann vom ILT entwickelte bereits 2006 erste Prototypen der EUV-Quelle. Mittlerweile gibt es eine Betaversion, die bereits zum Belichten von Chips im industriellen Umfeld im Einsatz ist. »Das Konzept ist schnelle gepulste Entladung elektrisch gespeicherter Energie. Dabei wird eine kleine Menge Zinn mit dem Laser verdampft und mit einem hohen Strom zur Emission bei 13,5 nm angeregt – viele Tausend Mal pro Sekunde«, so Bergmann.

Damit die Strahlung auch gezielt auf die Beleuchtungsmaske trifft, ist die Qualität des Kollektorspiegels entscheidend. Die Beschichtung gewährleistet, dass die Verluste gering bleiben und die Qualität der gerichteten EUV-Strahlung hoch ist. »Unsere Herausforderung war es, ein mehrlagiges Schichtsystem auf der stark gekrümmten Kollektorfäche aufzubringen, das extrem hitzebeständig und hoch reflektierend

ist – in gleichbleibender Qualität«, resümiert Tosten Feigl vom IOF. Ergebnis ist der mit 66 Zentimetern Durchmesser weltweit größte, multilayer-beschichtete EUV-Spiegel.

Beschichtung für optimale Reflexion bei Spiegeln und Optiken

Ist die Strahlung durch die Maske gelangt, wird sie über weitere Beleuchtungs- und Projektionsspiegel auf die Chips belichtet. Die optimale Reflexionsbeschichtung für diese Komponenten hat Stefan Braun mit seinem Team am IWS erarbeitet. Das Magnetron-Sputtern ermöglicht höchste Genauigkeit bei den Schichten ohne zusätzliche Polivorgänge oder Kontrollmessungen. Ein Anlagentyp zur großflächigen Präzisionsbeschichtung ist bereits im industriellen Einsatz.

Deutschland ist in der EUV-Technologie Vorreiter. Mit ihrer Forschungsarbeit haben sich die drei Fraunhofer-Institute als wichtige Partner für die Ausrüsterindustrie im In- und Ausland etabliert. Die Einführung der neuen Lithografiesysteme in der industriellen Fertigung ist ab 2015 zu erwarten. ■

Besser schmieren ohne Öl

Das läuft ja wie geschmiert - mehr noch als auf Öl trifft das auf wässrige Biopolymer-Lösungen zu. Zum Einsatz kommen sie als Kühlenschmierstoff etwa in der Bearbeitung von Hartmetallen, für Werkzeuge, mit denen Werkzeuge hergestellt werden.

Text: Beate Koch

Dr. Peter Eisner, Dr. Michael Menner und Andreas Malberg (v.l.n.r.). Sie entwickelten einen Kühlenschmierstoff aus wässrigen Biopolymeren. Mit der Erkenntnis: »Wasser schmiert wie Öl«, überraschten sie die Schmierstoffindustrie.
© Dirk Mahler/Fraunhofer

Die Metallbearbeitung spielt in der Industrie eine große Rolle. Beim Bohren, Fräsen, Drehen oder Schleifen werden Kühlenschmierstoffe eingesetzt, um Werkstücke und Werkzeuge vor Überhitzung und zu großem Verschleiß zu schützen. Basis für die derzeit üblichen Schmierstoffe ist Mineralöl. Das hat Nachteile: Fossile Mineralöle entstammen endlichen Ressourcen, transportieren relativ wenig Wärme vom Werkstück ab, sind gesundheitsschädlich und können zudem in Brand geraten. Das erfordert einen erhöhten technischen Aufwand, etwa für Arbeitssicherheit, Brandschutz und Entsorgung.

Alternativen wie die von Andreas Malberg, Dr. Peter Eisner und Dr. Michael Menner vom Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV in Freising sind gefragt. Ihre Idee: Schmieren mit Wasser. »Am IVV arbeiten wir schon lange an Kühlenschmierstoffen«, sagt Michael Menner. »In zwei vom Bundesforschungsministerium geförderten Projekten haben wir es geschafft, das Öl durch Wasser zu ersetzen. Eine überraschende Erkenntnis dabei war, Wasser schmiert auch nicht schlechter als Öl, wesentlich sind die Additive«. Im Fall von Wasser kann der Zusatz von natürlichen Polyme-



ren die Schmiereigenschaften deutlich verbessern. Die Freisinger Forscher testeten nachwachsende Rohstoffe, etwa Zellulosen, Stärken oder bakterielle Polysaccharide und verbesserten sie für den Einsatz als Schmieradditiv zu verbessern. Ihr Ziel: Das Wasser mit den Biopolymeren dickflüssiger zu machen, dann schmiert es besser.

Filme und Podcasts:
www.fraunhofer.de/presse

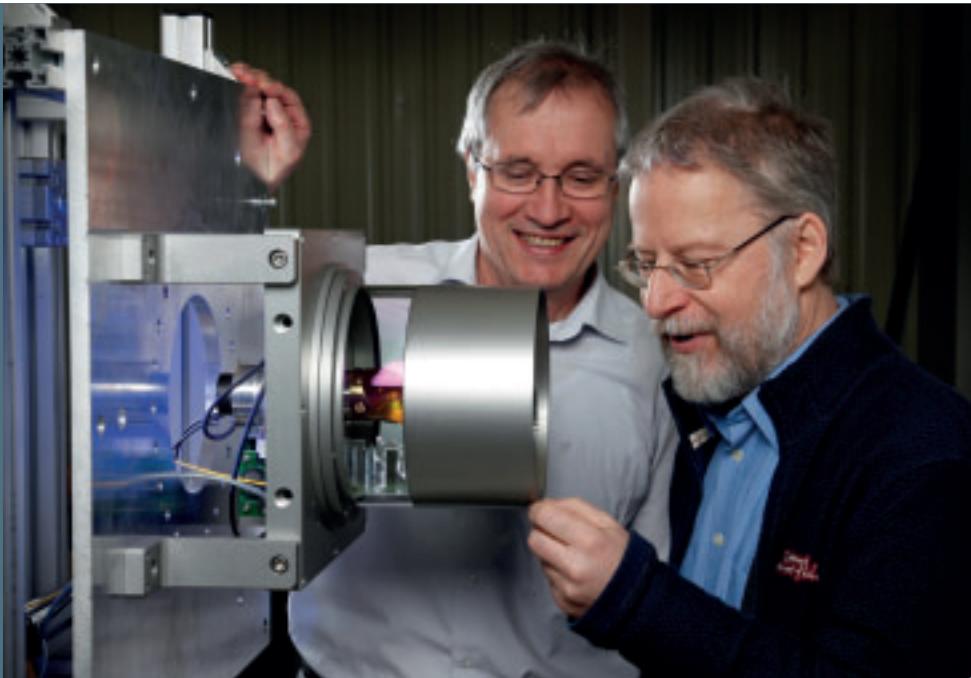
Damit aus der Idee ein markttaugliches Produkt wurde, kamen weitere Partner ins Boot: Das Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der Uni Braunschweig sowie die Carl Bechem GmbH aus Hagen – ein Schmierstoffhersteller. Die Basisflüssigkeit des IVV, das dickflüssige Wasser, wurde verbessert, also mit wasserlöslichen Additiven etwa für den Korrosionsschutz versehen. So wird sie den Ansprüchen in der Bearbeitung gerecht: hohe Temperaturen und starke Scherbeanspruchung bestehen.

Abgesehen von den deutlich geringeren Umweltbelastungen und der hohen Rohstoffeffizienz weist der neue Schmierstoff auch technologische Vorteile auf. Zum Beispiel vermindert

er den Verschleiß und verlängert die Werkzeugstandzeiten. Außerdem lassen sich die bearbeiteten Teile einfacher reinigen. Das senkt die Kosten und verbessert die Wirtschaftlichkeit der gesamten Produktion. »Die Umstellung auf den neuen Schmierstoff ist für die Unternehmen recht unkompliziert«, sagt Peter Eisner. »Im Prinzip können nach einer gründlichen Reinigung dieselben Kreislaufsysteme an den Bearbeitungsmaschinen genutzt werden«. Zusätzlich erhöht der Einsatz des wässrigen Schmierstoffs die Arbeitssicherheit und -hygiene: Es bilden sich keine Ölnebel mehr, weniger Biozide werden zugegeben, er riecht besser und ist hautverträglicher.

Für den mineralölfreien Kühlenschmierstoff aus wässrigen Biopolymer-Lösungen zur Anwendung in der Metallbearbeitung erhielten Dr. Peter Eisner, Dipl.-Ing. Andreas Malberg und Dr. Michael Menner einen der Joseph-von-Fraunhofer-Preise 2012. Der neu entwickelte Schmierstoff wird bereits unter dem Produktnamen BERUFLUID von der Carl Bechem GmbH vertrieben und in verschiedenen metallbearbeitenden Unternehmen in der Werkzeugherstellung, im Maschinenbau, in der Automobil- und Luftfahrtindustrie und der Medizintechnik eingesetzt. ■

Laserscan bei voller Fahrt



Fehlt eine Oberleitung oder ist sie defekt? Wie ist die Situation vor einer Bahnhof- oder Tunnel einfahrt? Mit einem 3D-Laserscanner lässt sich Sicherheit und Zuverlässigkeit der Bahn erhöhen.

Text: Beate Koch

Dr. Heinrich Höfler und Dipl.-Ing. Harald Wölfeschneider (v.l.n.r.) mit einem 3D-Laserscanner, der weltweit auf Bahnstrecken für mehr Sicherheit und Zuverlässigkeit sorgt. © Dirk Mahler/Fraunhofer

Mit Lasersystemen lassen sich hochpräzise und ultraschnelle Messverfahren realisieren. Die Bahnmesstechnik hat hier weltweit großen Bedarf. Eine Voraussetzung für den Einsatz ist, dass niemand durch den Laser geschädigt oder irritiert wird. Dr. Heinrich Höfler und Dipl.-Ing. Harald Wölfeschneider vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg entwickelten zusammen mit ihrem Team einen 3D-Laserscanner. Er kann ohne Bedenken im Freien eingesetzt werden. Er ist so schnell und präzise, dass er zum Beispiel aus einem Zug, der mit bis zu 100 Stundenkilometern fährt, die Position der Oberleitung oder den Fahrweg räumlich vermessen und überwachen kann. Ist der Scanner stationär aufgestellt, kann er vorbeifahrende Züge erfassen und auf verrutschte Ladungen prüfen.

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

Heinrich Höfler erklärt, wie das funktioniert: »Wir schicken einen Laserstrahl los und warten, bis er wieder zurückkommt. Die Zeit dazwischen messen wir und wissen dadurch, wie weit ein Gegenstand entfernt ist«. Die Schwierigkeit

ist, den zurückkommenden Strahl zu erfassen. Denn zum einen kommt oft nur sehr wenig Licht zurück und zum anderen ist der ausgesendete Lichtstrahl in extrem kurzer Zeit wieder da. Lösung: Eine Art Zeitlupe. Der Laserstrahl wird sehr schnell ein- und ausgeschaltet – sprich moduliert. Die zeitliche Verschiebung dieser Modulationswelle lässt sich einfacher und präziser bestimmen als bei einem einzelnen Laserpuls.

Das System misst standardmäßig eine Million Mal in der Sekunde. »Für die Deutsche Bundesbahn haben wir einen Messzug ausgestattet, der mit mehreren Laserstrahlen die Umgebung der Bahnstrecke abtastet und mit vier Millionen Messungen pro Sekunde ein 3D-Abbild der Umgebung liefert«, sagt Harald Wölfeschneider. Damit lassen sich auch kleine Hindernisse und Engstellen erkennen, oder planen, auf welchem Weg ein Schwertransport am besten sein Ziel erreichen kann.

Ein weiteres Einsatzgebiet ist das Vermessen vorbeifahrender Züge. Dafür ist der Scanner fest montiert, was jedoch die Gefahr birgt, dass jemand längere Zeit in den Laserstrahl blickt. Um den Scanner augensicher zu machen, mussten

die Forscher einen neuen Wellenlängenbereich erschließen: Infrarot, das für unsere Augen ungefährlich ist. Mit der Konsequenz, das komplette System daraufhin völlig umbauen zu müssen.

Wenn man Bahntrassen genau unter die Lupe nimmt, liegt es nahe, sich auch andere Verkehrswege anzusehen, zum Beispiel Straßen. Das Team am IPM entwickelte einen augensicheren 3D-Scanner, der an einem fahrenden Auto angebracht ist und aus circa drei Meter Höhe die Straße scannt. »Mittlerweile lösen wir auch bei 80 Stundenkilometern noch Höhenunterschiede von 0,2 Millimetern auf der Straße auf«, so Höfler. Es ist der erste Scanner, der von der Bundesanstalt für Straßenwesen dafür zugelassen ist. Er soll Spurrillen, Schlaglöcher und Wasserabfluss-Möglichkeiten erkennen.

Das Lasersystem wird bereits erfolgreich vermarktet und international zur Sicherung des Schienenverkehrs eingesetzt, denn es ist nicht nur schnell und exakt, sondern auch sehr robust. Für den augensicheren 3D-Laserscanner wurden Dr. Heinrich Höfler und Dipl.-Ing. Harald Wölfeschneider mit einem der Joseph-von-Fraunhofer-Preise 2012 ausgezeichnet. ■



Kraft der Erinnerung

Sie sind leicht, leise und sparsam im Energieverbrauch - Aktoren aus Formgedächtnislegierungen. Eingesetzt werden sie jedoch eher selten. Ein Hersteller- und Anwender-Netzwerk will das ändern.

Text: Michaela Neuner

Die Werkstoff-Bilder zeigen magnetische Ni-Mn-Ga-FGL mit Zwillingen (Streifen), die den Formgedächtniseffekt ermöglichen. Die lichtmikroskopischen Aufnahmen wurden mit Hilfe eines speziellen Kontrastes aufgenommen. © Fraunhofer IWU

Sobald die Pkw-Zündung an ist und der Motor läuft, surrt fast ständig irgendwo im Auto ein Elektromotor. Per Knopfdruck oder automatisch stellen die elektrischen Helfer Sitzhöhen und Seitenspiegel ein, führen Scheinwerfer nach, bewegen Fenster und Scheibenwischer oder regeln Heizungsventile. In aktuellen Modellen sind mittlerweile mehr als 50 elektrische Stellantriebe verbaut, Tendenz steigend.

»Eher früher als später wird dieser Trend an technische, physikalische und wirtschaftliche Grenzen stoßen«, stellt Holger Kunze vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Dresden fest. Denn die Stellmotoren verbrauchen Strom und Raum, und auch ihr Gewicht addiert sich – schon allein wegen der Magnetspule, ohne die kein Elektromotor läuft. Dazu kommen steigende Anforderungen an Energieeffizienz und Klimaschutz – denn je leichter ein Fahrzeug ist, desto weniger Energie muss aufgewendet werden, um es zu bewegen. Besonders kritisch sind Gewicht und Stromverbrauch bei Elektrowagen. »Mechatronische Komponenten bieten hier interessante Alternativen zu kleinen Elektromotoren«, ist sich

Adaptroniker Kunze sicher – insbesondere das Potenzial von Aktoren auf der Basis von Formgedächtnislegierungen (FGL) sei noch längst nicht ausgereizt. Sie eignen sich vor allem als Ersatz für kleine Stellantriebe, die zum Beispiel Ventile öffnen oder schließen, Lüftungsklappen bewegen oder Spiegel justieren.

Die FGL-Systeme punkten durch ihr niedrigeres Gewicht und ihren geringeren Platzbedarf gegenüber Elektromotoren. Im Gegensatz zu diesen arbeiten sie lautlos, sind kompakter, brauchen weniger Strom, und auch die Anzahl der Einzelteile verringert sich. Das reduziert die Fehleranfälligkeit. Formgedächtnislegierungen lassen sich um acht bis zehn Prozent dehnen und sind damit deutlich elastischer als konventionelle Metalllegierungen. Dabei bewegen sie ein Vielfaches ihres Eigengewichts: Ein zwei Millimeter starker Formgedächtnisdraht kann eine Last von mehr als 100 Kilogramm anheben.

Für verschiedene Anwendungen in Fahrzeugen haben Wissenschaftler des IWU FGL-Aktoren mit konventionellen Systemen verglichen: So lässt

sich die Leuchtweite von Frontscheinwerfern mit einem etwa 50 Gramm schweren Elektromotor regulieren oder mit einem FGL-Aktor mit 35 Gramm, der dreimal so schnell reagiert. Soll die Tankklappe elektrisch ver- und entriegelt werden, kann diese Aufgabe ein 104 Gramm schwerer Elektromotor mit Getriebe übernehmen, der aus zehn Teilen besteht, oder ein dreiteiliger Formgedächtnis-Aktor, der nur zehn Gramm wiegt und nicht mehr Bauraum braucht, als für die Verlegung eines Kabels nötig wäre.

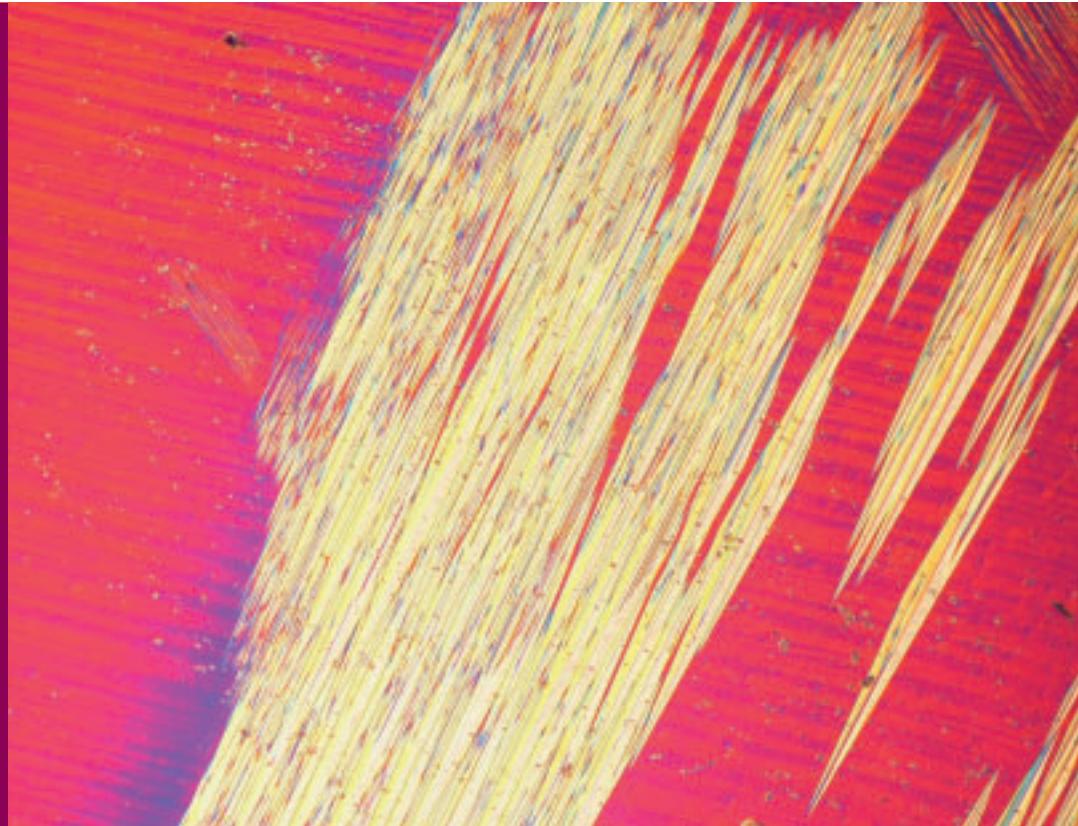
Formgedächtnislegierungen sind in der Medizin im Einsatz

Im Autobau steckt der Einsatz von Formgedächtnislegierungen noch in den Kinderschuhen. Anders in der Medizintechnik: Hier sind sie schon längst Standard – für chirurgische Werkzeuge, Klammern, die gebrochene Knochen fixieren oder Stents: Röhrenförmige Gefäßstützen aus maschenartigem Gewebe die verengte Arterien wieder durchgängig machen. Sie bestehen aus einer Nickel-Titan-Legierung, deren Formgedächtnis-Effekt (s. Kasten) durch eine bestimmte Temperatur ausgelöst wird: So lässt sich das

Werkstoffe mit Formgedächtnis

Der Trick mit der verbogenen Büroklammer, die, in heiße Flüssigkeit getaucht, wieder ihre ursprüngliche Form annimmt, ist ein Klassiker. Anders als ihre handelsüblichen Schwestern, besteht diese Büroklammer aus einer Formgedächtnislegierung (FGL). In die besondere atomare Gitterstruktur der FGL-Werkstoffe lässt sich eine Form einprägen, die selbst dann gespeichert bleibt, wenn der Werkstoff durch mechanische Kräfte verbogen wird.

Neben metallischen Legierungen gibt es auch Kunststoffe, Faserverbundwerkstoffe und chemische Substanzen mit Formgedächtnis. Wie FGL nehmen sie die eingebrachte Form wieder an, wenn der passende Reiz auf sie einwirkt – eine vorgegebene Temperatur, ein Magnetfeld oder Licht einer bestimmten Wellenlänge.



weitmaschige Gitter des Stents für die Operation zu einer kompakten, aber extrem biegsamen Röhre zusammenschieben. Erst an ihrem Bestimmungsort entfaltet sich diese wieder zu ihrer ursprünglichen Größe und Form.

»In der Medizintechnik haben sich Formgedächtnislegierungen unter anderem deshalb bereits etabliert, weil Funktion und Qualität hier deutlich stärker ins Gewicht fallen als die Kosten«, erklärt Dr. Andrea Böhm vom IWU. »In anderen Bereichen wird stärker auf den Cent geschaut, und etwas teurere Materialien sind dann im Nachteil.« Auch sind die Werkstoffe und ihre Möglichkeiten bislang nicht bekannt genug. Zudem fehlen für viele Anwendungen noch Werkstoffdaten, Konstruktions- und Simulationswerkzeuge sowie genormte Prozesse und Verfahren.

Im Sommer 2010 hat das IWU deshalb das »FGL-Netzwerk« gegründet. Sein Ziel ist es, Formgedächtnislegierungen für technische Anwendungen im industriellen Maßstab nutzbar zu machen. »Das Netzwerk soll helfen, bestehende Lücken in der Wertschöpfungskette zu

schließen«, so Netzwerk-Managerin Böhm. Es steht allen Unternehmen offen, die sich mit Formgedächtnislegierungen beschäftigen oder an ihnen interessiert sind und will vor allem Anwender und Hersteller an einen Tisch bringen: »Das Problem ist häufig, dass der Materialhersteller die spezifische Anforderung braucht, um ein spezielles Material mit den gewünschten Eigenschaften herstellen zu können, während der Anwender gleich eine fertige Lösung haben will«, berichtet Böhm.

 www.fgl-netzwerk.de

Bislang beteiligen sich 13 Firmen sowie drei Forschungseinrichtungen am Netzwerk. Der Schwerpunkt liegt bei Anwendungen, die den bereits etablierten thermischen Formgedächtnis-Effekt nutzen. Auf der Agenda eines Unternehmens des Netzwerks stehen jedoch auch FGL der jüngsten Generation, die durch Magnetfelder aktiviert werden. In der Regel bestehen diese aus einer Nickel-Mangan-Gallium-Legierung, einer Materialklasse, die 1996 entdeckt wurde. »Der Hauptvorteil der magnetischen FGL ist, dass sie sich mit einer höheren Frequenz be-

treiben lassen. Sie sind schneller als thermische, weil sich ein Magnetfeld von einem Moment auf den nächsten an- oder abschalten lässt. Die Temperatur in einem massiven Nickel-Titan-Werkstoff kann hingegen nur relativ langsam wieder verringert werden«, erklärt Böhm.

Die Grundlagen für die großtechnische Produktion von magnetischen FGL sind vorhanden. Wissenschaftler am IWU arbeiten derzeit unter anderem an Bearbeitungsprozessen und suchen nach alternativen Legierungen: »Bislang sind die Temperaturbereiche noch eingeschränkt, in denen magnetische Formgedächtnislegierungen arbeiten. Bei den Nickel-Mangan-Gallium-Legierungen ist es außerdem so, dass die Preise für den Rohstoff Gallium relativ hoch sind. Deshalb wollen wir Legierungen ohne Gallium und mit höheren Umwandlungstemperaturen entwickeln«, verrät Böhm.

Thermische FGL-Aktoren auf Nickel-Titan-Basis erobern derweil bereits neues Terrain: Bildstabilisierungs- und Autofokus-Systeme für Smartphones. Die neue Modell-Generation soll noch dieses Jahr in Produktion gehen. ■

Das Labor der Zukunft

Roboter, die Proben selbständig einfrieren, oder Software, die die zeitraubende Dokumentation der vielen Arbeitsschritte automatisiert – neue Technologien machen die Arbeit in biomedizinischen Laboren effizienter, sicherer und schneller.

Text: Tim Schröder

Die Arbeit in biomedizinischen Laboren ist vielfältig: Laboranten tröpfeln Flüssigkeiten in Reagenzgläser, frieren lebende Zellen in flüssigem Stickstoff ein und versetzen Blut mit Chemikalien, um Krankheiten nachzuweisen. Zentrifugen trennen Blut in seine Bestandteile auf. Bakterien wachsen in Probenschälchen im Brutschrank heran. Viele dieser Analyseschritte werden von Hand erledigt – wie etwa das Umsetzen der Probenröhrchen. Sogar in einem mit moderner Automationstechnik ausgestatteten Labor gibt es heute noch bis zu 80 Prozent Handarbeit. Wer beim Arzt eine Blutprobe abgibt, muss in der Regel ein paar Tage auf den Befund warten. Gerade, wenn es um kritische Dinge wie eine mögliche HIV-Infektion geht, bedeutet das für den Betroffenen oft banges Warten in Ungewissheit.

 <http://labor-der-zukunft.com>

Dass eine Laboranalyse länger dauert, liegt nicht zuletzt an der aufwändigen Dokumentation. Über jede Probe, über jeden Arbeitsschritt muss akribisch Protokoll geführt werden. Das kostet Zeit und ist fehleranfällig. Um den Laboranten die Arbeit zu erleichtern, Fehler zu reduzieren und die Analysen schneller zu machen, arbeiten Forscher vom Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT, gefördert von der saarländischen Landesregierung, am »Labor der Zukunft«. Erfolgreich realisiert wurde bereits ein ganzes Bündel an technischen Lösungen, welche die Untersuchungen und vor allem auch die Dokumentation der Proben weitgehend automatisieren.

In modernen Laboren werden Proben sowohl manuell als auch automatisiert bearbeitet: Ein »Rack« mit Reagenzien wird vor dem Einbringen in ein automatisiertes Zellkultursystem geprüft. © Bernd Müller/Fraunhofer IBMT

Das bedeutet jedoch keineswegs, dass ein Labor seine Technik komplett erneuern oder die Arbeitsabläufe radikal ändern muss. »Wir gehen von den bestehenden Abläufen und Instrumenten aus«, sagt IBMT-Projektleiter Daniel Schmitt. »Je nach Bedarf können die Labore die Technologien Stück für Stück implementieren.« Dies gilt auch für künftige Neuerungen. So soll demnächst noch eine drahtlose Steckdose für Laborgeräte hinzukommen. Geräte werden dazu mit induktiver Energieübertragung nachgerüstet, die kein Kabel benötigt. Strom wird elektromagnetisch übertragen. Das entschärft ein altes Problem der Labortechnik: Konventionelle Steckverbindungen lassen sich schlecht abdichten und reinigen und sind daher in Laboren in puncto Hygiene problematisch.

Probennäherchen mit Mikrochips

Die IBMT-Experten haben gemeinsam mit Hochschulen und mittelständischen Unternehmen im



Saarland noch weitere Neuerungen konzipiert – etwa die automatische Erfassung der Proben. Dazu werden in die Probennäherchen aus Kunststoff kleine Mikrochips eingeschmolzen, die alle Informationen wie etwa das Datum, die Herkunft oder den Namen des Patienten sowie Informationen zum Ablauf oder zu Besonderheiten der Probennahme speichern. Früher wurden diese Röhrchen per Hand beschriftet, seit einiger Zeit steckt die Information in einem Barcode, der eingescannt werden kann. Doch für eine vollautomatische Anlage reicht das nicht. Denn die Information auf einem Barcode lässt sich nicht verändern.

Anders der Mikrochip. Steckt man das Röhrchen in die Analysegeräte, wird auf dem Chip automatisch mitgeschrieben, was wann von wem gemacht wurde. Damit enthält das Röhrchen selbst eine lückenlose Historie, ohne dass der Laborant mühsam ein schriftliches Protokoll führen muss. »Für gewöhnlich wird die Probe von



einem Protokollzettel begleitet», sagt Schmitt. In anderen Fällen kündigt man die Probe mitsamt allen Informationen per E-Mail an. »Mit dem Chip aber sind Probe und Information unmittelbar verbunden. Nichts kann verloren gehen.«

Proben bei minus 140 Grad Celsius archivieren

Ein Entwicklungsschwerpunkt der IBMT-Forscher ist seit Langem die Biokryotechnik, die Kältetechnik für Labore. Das »Fraunhofer-BioArchiv« konserviert Lebendproben bei unter -140 Grad Celsius. Heutzutage frieren Biobanken mit Kryotechnologie Stammzellen, Zellgewebe und sogar ganze Hauttransplantate ein – zum Beispiel für die Behandlung von Brandwunden.

Doch alle haben dasselbe Problem: Öffnet man den Kühlbehälter, um eine Probe einzulagern oder zu entnehmen, dringt Feuchte ein, die

sofort gefriert. Nach und nach setzt sich der Behälter zu, bis er schließlich geleert und enteist werden muss. Eine aufwändige Prozedur. Die IBMT-Forscher haben deshalb einen Entnahmeroboter entwickelt, der die Probenröhrchen über eine Kälteschleuse einführt. So bleiben die Feuchte oder auch Verunreinigungen draußen.

Roboter arbeitet auch bei Kälte zuverlässig

Große Kryobehälter bieten mehreren Tausend Proben Platz. Für Laboranten ist es eine Herausforderung, den Überblick zu behalten. Oft dauert es einige Zeit, bis man die gewünschte Probe findet. Mit dem Roboter geht es schneller. Die Probenröhrchen sitzen im Behälter in einem Gestell und können elektronisch ausgelesen werden. Dank dieser Inventur kann der Roboter stets schnell und zielsicher zugreifen. »Wichtig war für uns, dass unsere Probenröhrchen mit

herkömmlichen Gestellen und Geräten kompatibel sind«, sagt Schmitt. Zudem mussten die Forscher zunächst Mikrochips testen und finden, die bei diesen tiefen Temperaturen zuverlässig arbeiten und den häufigen Wechsel zwischen Raum- und Tieftemperatur überhaupt aushalten.

Wenn Labors dies wünschen, können die Chips um eine Funkfunktion erweitert werden – eine RFID-Antenne, mit der sich die Information per Radiosignal lesen und schreiben lässt. Derzeit wird das Funksignal vor allem verwendet, um die Daten auf den Chips zu verschlüsseln. Das ist wichtig, wenn Informationen über Patienten oder andere sicherheitsrelevante Daten gespeichert sind.

Die Kryotechnik ist nur eine Facette des Labors der Zukunft. Die IBMT-Forscher hatten den Anspruch, das Labor als Gesamtheit zu verstehen und den Workflow in Gänze zu optimieren und zu standardisieren. Deshalb haben sie zusammen mit der Firma Soventec eine leistungsfähige Software entwickelt, welche die Abläufe steuert: das Labormanagementsystem LabOS. Sobald ein Probenröhrchen in eine Lesestation gesteckt wird, zeigt LabOS auf einem Bildschirm die Daten an, die Historie sowie die nächsten Schritte, die zu tun sind. Ganz ohne Zettelwirtschaft.

Noch müssen die Laboranten die Geräte selber steuern. Doch auch dass soll künftig automatisiert ablaufen. Zu diesem Zweck wurde am IBMT in Kooperation mit der Technischen Universität Braunschweig ein Netzwerk-System entwickelt, das alle Geräte mit einer Zentrale verbindet. Dieses »smallCAN«-Bus-System arbeitet nach einem Prinzip, das aus der Vernetzung von elektronischen Komponenten in Autos bekannt ist. Mit ihm kann man sogar via Internet auf einzelne Laborgeräte zugreifen. Damit sich verschiedenartige Geräte an das flotte Netzwerk anköppeln lassen, haben die Forscher einen Adapter entwickelt, der an die Steuerelektronik geknüpft wird.

»Mit smallCAN und LabOS kann das Labor beinahe autark arbeiten und die Testabläufe automatisch abspulen«, sagt Schmitt. Das reduziert den Aufwand für die Dokumentation erheblich. Statt viel Zeit mit dem Ausfüllen von Protokollformularen zu verbringen, können sich die Laboranten dann auf die eigentliche Arbeit konzentrieren. ■

Grüne Elektronik

In den 1990er Jahren wurde ein Computer im Schnitt sieben Jahre genutzt, mittlerweile ist das bestenfalls noch halb so lange der Fall. Eine Folge: Jeder Deutsche verursacht 20 Kilogramm Elektroschrott im Jahr. Fraunhofer-Forscher arbeiten daran, dass Elektronik umweltfreundlicher wird.

Text: Chris Löwe

Elektronik muss wiederverwendbar werden.
© obs/STRATO

Der Rechner ist schon drei Jahre alt? Dann muss schleunigst ein neuer her. Und das Smartphone wird nach spätestens zwei Jahren ausgemustert, weil das aktuelle Modell mehr kann. Die Produktlebenszyklen elektronischer Geräte werden immer kürzer – und die von ihnen verursachten Müllmengen größer. Nach einer Studie des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) wächst der Elektronikschrottberg weltweit jährlich um 40 Millionen Tonnen. Die Deutschen tragen dazu mehr als 1,5 Millionen Tonnen bei. Denn trotz gesetzlicher Regelung in Europa lässt die Wiederverwertungsquote noch zu wünschen übrig. Und wertvolle Rohstoffe wie Gold, Silber und Seltene Erden landen allzu oft im Müll.

Meist werden nur Kupfer und Stahl zurückgewonnen, weil sie sich in bestehenden Materialkreisläufen verwertet lassen und in größeren Mengen in Altgeräten enthalten sind. Der Rest, darunter Schadstoffe und Schwermetalle wie Blei, Arsen, Cadmium oder Quecksilber, schädigt mitunter die Umwelt. Seit Jahren hält daher der Ruf nach Grüner Elektronik durch die ITK-Branche, doch davon ist die Industrie noch immer weit entfernt. Aber ein Umdenken hat einge-

setzt. Nun sind Forscher gefragt, die innovative Lösungen entwickeln.

»Umweltfragen und Ressourcenverknappung spielen zukünftig auch in der Elektronikindustrie eine immer größere Rolle«, sagt Professor Klaus-Dieter Lang, Leiter des Berliner Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM. »Wir sind eines von wenigen Instituten weltweit, an dem zur Nachhaltigkeit von elektronischen Systemen direkt im technologischen Umfeld geforscht wird. Unser Ziel ist es, neueste Technologien der Systemintegration voranzubringen und dabei auch deren Umweltrelevanz zu berücksichtigen.«

Elektronik-Geräte oder Komponenten wiederverwerten

Die beste Form des Recyclings von Elektronikschrott ist die Wiederverwendung der Geräte oder zumindest einzelner Komponenten, die entsprechend konstruiert sind. Diesem Ideal nähert sich der Öko-PC »iameco« (sprich »I am Eco«) des irischen Herstellers MicroPro Computers an, bei dem das IZM unter anderem an



der Umweltbewertung mitwirkte. Was an dem Gerät sofort ins Auge sticht, ist sein Gehäuse aus Holz. Das lässt den Touchscreen-PC nicht nur schick und außergewöhnlich aussehen, der nachwachsende Rohstoff drückt auch den ökologischen Fußabdruck. Die Fraunhofer-Forscher haben dazu verschiedene Holzarten verglichen, um die mit dem geringsten Carbon Footprint zu finden. Die Wahl fiel in Abwägung der Kriterien Umweltaufwand, technische Eignung und Herkunft schließlich auf Eichenholz. Mit dieser Wahl wird auch der Tropenwald geschont, der ungetagt aller Bemühungen von Umweltschützern weiterhin bedroht ist.

Nils F. Nissen, Leiter der Abteilung Environmental and Reliability Engineering des IZM, spricht bei dem Gerät von »angewandtem Ökodesign«. Das haben die Wissenschaftler inzwischen sogar amtlich: »Der iameco ist der erste Computer in seiner Klasse, der mit dem europäischen Umweltlabel »EcoFlower« ausgezeichnet wurde«, berichtet Nissen. Das liegt nicht nur am nachwachsenden Gehäusewerkstoff, sondern an vielen anderen Detaillösungen: So wurde der Touchscreen-PC besonders energieeffizient



Fachtagung: Electronics Goes Green 2012+

Bereits zum vierten Mal veranstaltet das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM die weltweit größte Fachtagung zum Thema Umwelt in der Elektronik. Unter dem Motto »Electronics Goes Green« (EGG) treffen sich Experten aus aller Welt zwischen dem 9. und 12. September 2012 in Berlin. Themenschwerpunkte sind:

- Neue Entwicklungen in der Gesetzgebung
- Life Cycle Engineering
- Ressourcen und Nachhaltigkeit
- Green IT, Green Photonics
- Bewertung neuer Technologien
- Unternehmerische Sozialverantwortung (CSR) und Management

Weitere Informationen gibt es unter:

 www.egg2012.de

ausgelegt. Er kann dank eines modularen Upgradekonzepts deutlich länger genutzt werden als übliche PCs.

Weiterer Vorteil: Der Öko-PC lässt sich gut reparieren und demontieren, was am IZM erprobt und optimiert worden ist. 98 Prozent der eingesetzten Materialien sind recyclingfähig, 20 Prozent können sofort wiederverwendet werden. Die verbauten Standardkomponenten, wie Speicher und Prozessoren, sind weitgehend halogenfrei. Insgesamt ist die Ökobilanz erfreulich: Der iameco hat mit weniger als 360 Kilo CO₂-Bedarf einen um 70 Prozent geringeren Carbon Footprint als ein typischer Desktop PC mit Monitor. Im Jahr braucht der grüne Rechner nur 94 kWh Strom (TEC-Norm) – das sind 45 Prozent weniger als der derzeitige Energy Star für diese Computerklasse.

Die Energieeffizienz zu steigern ist weltweit eine der wichtigsten Herausforderungen. Durch den Einsatz von LEDs bei der Beleuchtung zuhause, auf den Straßen, bei Autos und in der Heimelektronik lässt sich viel Strom sparen. Allerdings haben LEDs auch Nachteile: Bei ihrer Herstellung

werden wertvolle Rohstoffe verbraucht. Zudem lassen sie sich bisher schwer wieder verwerten. Das unlängst gestartete und vom IZM koordinierte EU-Projekt »cycLED« setzt hier an. Die 13 Konsortialpartner – darunter Braun Lighting Solutions, Philips, der Elektronikrecycler Elpro und der Spezialmetallrecycler Umicore – arbeiten bis 2015 daran, den gesamten LED-Lebenszyklus nachhaltiger zu gestalten.

Seltene Rohstoffe durch andere Materialien ersetzen

Es geht vor allem darum, das Design zu verbessern: Die Beleuchtungssysteme sollen künftig weniger seltene Metalle wie Indium, Gallium und Seltene Erden benötigen. Die Forscher wollen zudem durch mehr Recycling in der Fertigung und nach dem Lebensende der LEDs sowie durch die Reduktion von Produktionsausschuss Werkstoffe einsparen. Nachgedacht wird auch darüber, welche der raren Rohstoffe sich durch weniger kostbare und besser wiederverwertbare Materialien ersetzt lassen. »Außerdem geht es darum, die Zuverlässigkeit und Lebensdauer von LED-Systemen zu erhöhen«, berichtet Nissen.

Gelänge es, Ressourcen zu schonen und die verwendeten nach einem langen LED-Leben fast vollständig wieder in den Produktionskreislauf zu überführen, würden auch die Anschaffungskosten der sparsamen Beleuchtung für den Verbraucher drastisch sinken.

Aufgabe des EU-Projekts ist es zudem, Strategien zu entwickeln, wie der europäische Markt für LED-Hersteller gestärkt werden kann. Technische und gesetzliche Barrieren, die der Verbreitung dieser neuen Technologie bislang im Weg stehen, sollen identifiziert und Maßnahmen dagegen entwickelt werden.

Das sind nur zwei Beispiele, wie die Elektronik grüner werden kann. Wie vielfältig das Feld ist und welche neuen Denk- und Anwendungsansätze es gibt, wird der vom IZM organisierte Kongress »Electronics Goes Green« (EGG) zeigen (siehe Kasten). »Das ist die weltweit größte Fachtagung zu Umweltthemen in der Elektronik, auf der Politiker, Umwelt- und Elektronikexperten der Unternehmen sowie Wissenschaftler aus der ganzen Welt zusammentreffen werden«, berichtet IZM-Leiter Lang. ■

Softwareentwicklung leicht gemacht

Mit neu entwickelten digitalen Werkzeugen lässt sich die Software für sicherheitskritische Komponenten in Geräten oder Anlagen modellieren und analysieren.

Text: Evdoxia Tsakiridou

Die Softwareentwicklung für moderne Automobile wird ebenso wie die für andere Industriezweige immer komplexer.
© Fraunhofer ESK

Ob Maschinensteuerungen, medizinische Geräte, Sensoren, Telekommunikationsanlagen, Fahrstühle oder Antiblockiersysteme – überall arbeiten unsichtbare Prozessoren im Zusammenspiel mit Software. Ohne diese »Embedded Systems«, die Daten verarbeiten und Anlagen sowie Geräte steuern, würde unsere Hightech-Welt nicht funktionieren.

Mittlerweile übernehmen eingebettete Systeme immer mehr sicherheitskritische Funktionen. Damit steigen auch die Anforderungen an die Sicherheit und Qualität. Hinzu kommt eine weitere Herausforderung: Die Software wird ständig komplexer, die Entwicklungszyklen werden permanent kürzer. Deshalb benötigen die Hersteller Werkzeuge, um die Software generieren und testen zu können. Dabei geht es nicht nur um funktionales Verhalten wie Bremsen oder Beschleunigen. Eine große Rolle spielen auch Zuverlässigkeit und Zeitverhalten, das heißt, ob die Aktion zum gewünschten Zeitpunkt stattfindet. Fachleute bezeichnen diese als nicht-funktionale Eigenschaften. Für deren Darstellung und Überprüfung in entsprechenden Modellen gab es bislang keine zufriedenstellenden Soft-

warewerkzeuge und -methoden. Das wird sich nun ändern: Im kürzlich abgeschlossenen EU-Projekt CHESS (Composition with Guarantees for High-integrity Embedded Software Components Assembly) haben Forscher und Industriepartner eine Methodik für die systematische Entwicklung, Modellierung, Validierung, Verifikation und Generierung von Software erarbeitet.

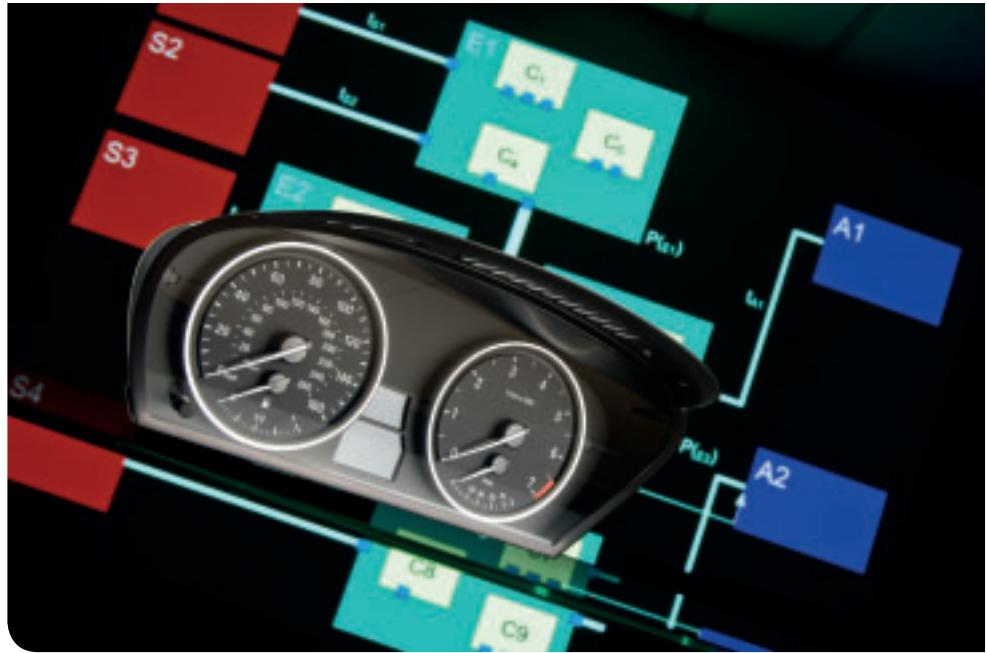
An CHESS ist auch die Fraunhofer-Einrichtung für Systeme der Kommunikationstechnik ESK mit dem Schwerpunkt Automotive beteiligt. Die ESK-Informatiker haben am Zeitverhalten von Modulen beziehungsweise Funktionen geforscht und ihre Ergebnisse in die gemeinsam entwickelte Werkzeugkette zur komponentenbasierten Softwareentwicklung integriert. Mit dieser Methodenkombination lassen sich funktionale sowie nicht-funktionale Eigenschaften als Modell darstellen, Eingabewerte plausibilisieren (Validierung) und automatisch als Code ausgeben (Generierung).

Um das Zeitverhalten zu bewerten, setzen die Forscher neben formalen Prüfverfahren das von der ESK entwickelte Werkzeug DynaSim ein.

Damit können sowohl das Laufzeitmodell noch während der Entwicklungszeit simuliert und analysiert als auch die zu entwickelnde Software in mehreren Stufen validiert werden. Das Testen verlagert sich also auf eine noch frühere Entwicklungsphase, nämlich von der Code- auf die Modellebene. Die Ergebnisse aus der Simulation fließen in das Entwicklungsmodell zurück und ermöglichen dessen Optimierung. Fehler und Schwachstellen können so bereits in einem frühen Entwicklungsstadium entdeckt und behoben werden.

Qualität steigern, Kosten senken

»Unser Ziel war es, die Durchgängigkeit zu optimieren und die Komplexität zu reduzieren. Mit dem neuen Werkzeug kann man zum einen die Qualität der Software verbessern und zum anderen die Entwicklungskosten für eingebettete Systeme senken«, berichtet ESK-Informatiker Alexander Stante. Die neue Methodik lässt sich in den verschiedensten Bereichen einsetzen: in der Telekommunikation ebenso wie in der Bahn-technik oder der Automobilindustrie. ■





Software für die Zukunft

Brasilien ist die sechstgrößte Wirtschaftsmacht der Welt und einer der am schnellsten wachsenden großen Märkte. Das Land verfügt über einen fortschrittlichen Technologiesektor und entwickelt Projekte, die von U-Booten bis zu Flugzeugen reichen. Seit 9. März 2012 gibt es dort auch ein Fraunhofer-Projektcenter. Dieses befindet sich im Technologiepark von Bahia, in dem auch Unternehmen wie IBM, Portugal Telecom Innovation und mehrere große brasilianische Firmen angesiedelt sind. Das neue Center ist eine gemeinsame Initiative der Federal University of Bahia UFBA und der Fraunhofer-Gesellschaft in Deutschland, vertreten durch das Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE in Kaiserslautern.

Die brasilianischen und deutschen Forscher in dem Projektcenter entwickeln Software und Systemlösungen – unter anderem für kritische oder große Systeme, für Entscheidungsunterstützung und Datenanalyse, für mobile Geschäftsanwendungen, e-Government sowie Ambient Assisted Living.

Die Einrichtung des Projektcenters eröffnet der Fraunhofer-Gesellschaft den Zugang zum brasilianischen Markt für Software- und Systemtechnologien.



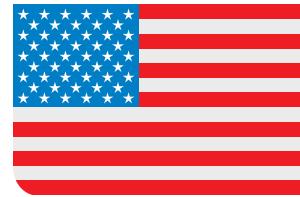
Mit sanfter Energie

Der Energiebedarf der Zukunft wird sich nur mit erneuerbaren Energien decken lassen. In Sonne, Wind und Wasserkraft steckt ein riesiges Potenzial, das nur richtig genutzt werden muss. Fraunhofer und die University of British Columbia in Vancouver wollen künftig gemeinsam nach Lösungen suchen. Unlängst unterzeichneten die Partner ein Memorandum of Understanding.

Die beiden Forschungseinrichtungen wollen beispielsweise herausfinden, wie sich mit Biomasse im großen Maßstab Energie gewinnen lässt oder wie die elektrochemische Energieumwandlung bei Elektrolyse- und Brennstoffzellentechnologien verbessert werden kann. Untersucht werden soll auch, unter welchen Umständen sich Wasserstoff als universeller und erneuerbarer Energieträger nutzen lässt.

Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg wird dazu eng mit dem Clean Energy Research Centre (CERC) der Universität kooperieren. Das CERC konzentriert sich darauf, vorhandene Energietechnologien wie Brennstoffzellen und saubere Verbrennungssysteme zu optimieren und neue nachhaltige Energiequellen wie Wasserstoff und Biotreibstoffe weiter zu entwickeln.

»Wir wollen diese Forschungskooperation zwischen Deutschland und Kanada zu einem Leuchtturmprojekt machen, das auch jenseits der Grenzen von Deutschland und Kanada wahrgenommen wird«, so Fraunhofer-Vorstand Professor Ulrich Buller.



Strom aus der Welle

Zwei Drittel der Erde sind von Wasser bedeckt und in dem steckt jede Menge Energie: Jede Welle ist ein kleiner Energiespeicher, der durch die Kraft des Windes gefüllt wurde. Forscher vom amerikanischen Fraunhofer Center for Manufacturing Innovation CMI in Boston haben nun zusammen mit Ingenieuren am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen ein neues Konzept entwickelt, wie sich die Wellenenergie in Strom verwandeln lässt: Mit Hilfe von Kraftwerks-Schiffen soll elektrische Energie gewonnen und gespeichert werden.

Um die Energie abzugreifen, konstruieren die Forscher Auslegerarme, die sich mit jeder Welle, die am Schiff vorbeizieht, auf und ab bewegen. Diese Vertikalmovement lässt sich in Strom verwandeln und in Akkus speichern. Sobald das »Energie-Ernteschiff« wieder in einen Hafen einläuft, steht der Strom zur Verfügung und kann während der Haupt-Verbrauchszeiten ins Netz gespeist werden.

Die Energie-Erntetechnik hat den Vorteil, äußerst flexibel zu sein: Die Schiffe können immer da hinfahren, wo die Wellen die ideale Höhe haben und die Ausbeute am besten ist. Für die Übertragung des Stroms müssen keine teuren Unterseekabel verlegt werden. Andre Sharon, Leiter des CMI, schätzt, dass sich mit den Schiffen ein Strompreis von 15 US-Cent pro Kilowattstunde erreichen lässt. Damit wäre der Schiffs-Strom nicht teurer als der, den Offshoreanlagen produzieren.



Neue Krebs-Diagnostik

In der westlichen Welt erkranken immer mehr Menschen an aggressiven Hautkrebsformen, die schnell Metastasen bilden. Die frühzeitige Erkennung von malignen Hautveränderungen ist ein wesentlicher Faktor zur Erhöhung der Heilungschancen.

Im EU-Projekt SKINSPECTION hat ein internationales Forscherteam jetzt ein neues, bildgebendes Verfahren entwickelt, das Dermatologen künftig die Diagnose erleichtern soll. Bei der Untersuchung fließt dabei kein Tropfen Blut: Die verdächtige Hautpartie wird mit Licht »bestrahlt«, gleichzeitig messen Sensoren die vom Gewebe ausgesandten akustischen Wellen. Aus den Ergebnissen lässt sich mit Hilfe speziell entwickelter Algorithmen ein detailliertes Bild des Gewebes erstellen, auf dem der Arzt nicht nur Veränderungen auf der Oberfläche der Haut, sondern auch in der Tiefe erkennen kann.

Das Know-how für das neue Diagnose-System stammt unter anderem vom Imperial College London und dem Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT. An der Entwicklung beteiligt waren auch mehrere Unternehmen. Die neue Technik wurde jetzt in einer klinischen Studie in Großbritannien und Italien erstmals für die Tumordiagnose eingesetzt.

Blitz, schlag' ein!

Jedes Jahr fallen mehrere Millionen Tonnen Bauschutt an. Ein effizientes Recycling von Beton aber existiert noch nicht. Forscher arbeiten an neuen Recyclingverfahren.

Text: Katja Lüers

Ob das Pantheon in Rom oder die deutsche Betonkanu-Regatta, ob Ultraleichtbeton oder Sichtbeton: Beton ist unglaublich vielseitig und der meistverwendete Baustoff der Welt. Jährlich werden 8000 Millionen Tonnen Beton verbaut, davon etwa 250 Millionen Tonnen in Deutschland und 3000 Millionen Tonnen in China. Der graue Baustoff wird aus Zement, Wasser und Gesteinskörnung, einer Mischung aus Gesteinskörnern wie Kies oder Kalkspalt in unterschiedlichen Größen, hergestellt. Beim Vermischen von Zement und Wasser entsteht der Zementstein. Dieses Bindemittel, sozusagen der Kleber, hält die verschiedenen Steine zusammen – und das über Jahrtausende hinweg, wie das Pantheon mit seiner freischwebenden Betonkuppel in Rom eindrucksvoll beweist.

Beton gilt als Baustoff des 20. und 21. Jahrhunderts. Allerdings sind die CO₂-Emissionen nicht unproblematisch, die vor allem bei der Zementherstellung entstehen: Die Produktion von einer Tonne gebranntem Zementklinker aus Kalk und Ton setzt 650 bis 700 Kilogramm Kohlendioxid frei. So gehen jährlich acht bis 15 Prozent der weltweiten CO₂-Produktion aufs Konto der Zementherstellung. Auch beim Recycling von Alt-

beton gibt es noch keinen Königsweg, um den Stoffkreislauf zu schließen. In den USA, Europa und Japan fallen jährlich etwa 900 Millionen Tonnen Bauschutt an. Allein in Deutschland betrug die Abfallmenge im Jahr 2010 fast 130 Millionen Tonnen.

»Das ist ein riesiger Materialfluss, aber es gibt momentan kein effektives Recycling-Verfahren für Betonabbruch«, erklärt Volker Thome vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP aus der Gruppe der Betontechnologie in Holzkirchen. Zurzeit wird Altbeton unter enormer Staubentwicklung zerschreddert. Die Gesteinsbrocken landen bestenfalls als Belag unter der Straße.

»Das ist Downcycling«, erklärt Thome, also lediglich die Wiederverwertung von Rohstoffen, deren Qualität sich dabei aber von Vorgang zu Vorgang verschlechtert. Gelänge es hingegen, die Gesteinskörnung von der Zementsteinmasse zu trennen, könnte der Kies als Zusatz (im Fachjargon auch Zuschlag genannt) wieder problemlos in den Frischbeton eingesetzt werden – ein erster entscheidender Schritt in Richtung Recycling von Altbeton. »Die Rückgewinnung von hochwertigen Zuschlägen aus Altbeton würde die Recyclingquote etwa

verzehnfachen und damit auf bis zu 80 Prozent steigern«, erklärt Thome. Auf diese Weise ließen sich die natürlichen Ressourcen an Abbauhalden sowie die Bauschuttdeponien schonen. Gelänge es auch einen Zementersatzstoff aus Altbeton zu gewinnen, ließen sich die CO₂-Emissionen der Zementindustrie deutlich senken. Um diese Ziele zu erreichen, hat Thome ein Verfahren aus dem Dornröschenschlaf geweckt, das russische Wissenschaftler bereits in den 1940er Jahren entwickelten: die elektrodynamische Fragmentierung. Mit ihr gelingt es, den Beton in seine Einzelbestandteile – Zuschläge und Zementstein – zu zerlegen.

Hochwertige Bestandteile recyceln

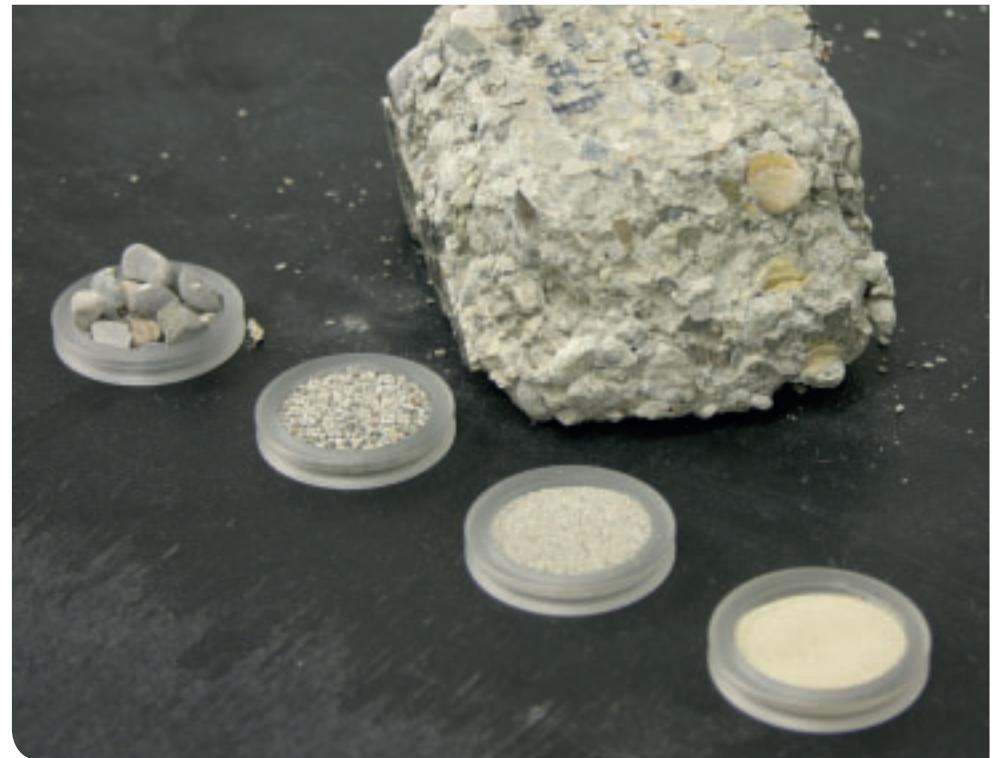
Bei dieser Vorgehensweise lassen es die Forscher in Holzkirchen ordentlich blitzen. »Normalerweise bevorzugen Blitze es, durch Luft oder Wasser zu verlaufen und nicht durch einen Festkörper. Das ist der Weg des geringsten Widerstands«, erklärt Thome. Damit der Blitz in den Beton einschlägt und einen Durchschlag erzeugt, nutzt Thome die Erkenntnisse der russischen Wissenschaftler: Die fanden vor mehr als 70 Jahren heraus, dass die elektrische Durchschlagsfestig-



Bislang wird Beton nur selten wiederverwendet.
© Caro/Sven Hoffmann



Forscher haben ein Verfahren entwickelt, das das Material in seine Bestandteile zerlegt. © Fraunhofer IPB



keit – also der Widerstand, den jede Flüssigkeit und jeder Feststoff einem elektrischen Impuls entgegenseetzt – keine zeitliche Konstante ist: Sie ändert sich mit der Dauer des Blitzes. »Bei einem äußerst kurzen Blitz unterhalb von 500 Nanosekunden besitzt Wasser plötzlich eine höhere Durchschlagsfestigkeit als die meisten Festkörper«, erklärt Thome. Einfach ausgedrückt: Liegt der Beton unter Wasser und die Forscher generieren einen 150 Nanosekunden-Blitz, schlägt er bevorzugt nicht mehr ins Wasser ein, sondern in den Festkörper.

»Das ist der Clou bei dem Verfahren«, erklärt Thome. Im Beton sucht sich der Blitz dann den Weg des geringsten Widerstands, das sind die Grenzen zwischen den Bestandteilen, also zwischen Kies und der Zementsteinmasse. Die ersten generierten Impulse, die Vorentladungen, schwächen das Material mechanisch vor – vergleichbar einem Kieselstein, der in die Windschutzscheibe fliegt, sie aber nicht auf Anhieb zerstört. »Die Vorentladung, die in unserer Fragmentierungsanlage die Gegenelektrode erreicht, führt dann zum elektrischen Durchschlag«, erklärt Thome. In diesem Moment bildet sich in dem Beton ein Plasmakanal aus, der binnen

einer Tausendstel Sekunde wie eine Druckwelle von innen nach außen wächst. In dem Plasmakanal herrschen sehr hohe Temperaturen und ein extrem starker Druck.

Beton in Einzelteile zerlegen

»Die Kraft dieser Druckwelle ist vergleichbar mit der einer kleinen Sprengstoffexplosion«, sagt Thome. Der Beton werde auseinandergezogen und in seine Bestandteile zerlegt. Mit der Labor-Fragmentierungsanlage gelingt es den Fraunhofer-Forschern zurzeit, pro Stunde eine Tonne Altbeton aufzubereiten. »Damit man wirtschaftlich arbeiten kann, ist eine Durchsatzrate von mindestens 20 Tonnen in der Stunde unser Ziel«, erklärt Thome. Bereits in zwei Jahren könnte eine entsprechende Anlage marktreif sein. Die elektrodynamische Fragmentierung eignet sich aber nicht nur, um Altbeton zu recyceln. Die Hochleistungsimpulse schaffen es auch, Müllverbrennungsschlacke und karbonfaserverstärkte Kunststoffe in ihre Einzelbestandteile zu zerlegen.

Insbesondere bei der Müllverbrennungsschlacke (MVA-Schlacke) erzielen die Fraunhofer-Forscher

bereits viel versprechende Erfolge. Wegen der Inhaltsstoffe haben Müllverbrennungsschlacken einen sehr schlechten Ruf: »Keiner will sie haben, aber in 20 Jahren gehen in Deutschland die Deponieflächen zur Neige. Und bis dahin muss eine Lösung gefunden sein«, bringt Thome die Problematik auf den Punkt. »Unser primäres Ziel ist es, neben Metallen die Glas- und Keramikteile aus der MVA-Schlacke abzutrennen, um das Gesamtvolumen zu reduzieren«, erklärt Thome. In einem zweiten Schritt wollen die Forscher aus der verbliebenen Schlacke einen Zementersatz oder einen Zementzusatzstoff entwickeln, denn MVA-Schlacke reagiert – in Verbindung mit Wasser – ähnlich wie Zement.

Das MVA-Recycling ist Teil des Übermorgenprojekts »Molecular Sorting for Ressource Efficiency«, ein Fraunhofer-interner Zusammenschluss von sieben Fraunhofer-Instituten. Den Forschern geht es darum, für große Massenströme wie Altglas und Altholz ein konsequentes Wiederverwerten und Produzieren in Kreisläufen voranzutreiben. Sie verfolgen den Ansatz, ohne den Einsatz neuer Rohstoffe zu produzieren und entwickeln innovative Trenn- und Sortiertechniken bis hinab auf die molekulare Ebene. ■

Spin-offs

Benvenuto in Italia

Italiener sind laut, lebenslustig, fröhlich und legen Wert auf die Familie. Klischees, die Deutsche im Kopf haben, wenn sie an Italien denken. Und doch scheint an den kulturellen Unterschieden etwas dran zu sein. Sogar im Geschäftsleben unterscheiden sich die beiden Länder. Das ist die Erfahrung von Christian Mazzocco von der Dortmunder Induvation GmbH. Das Unternehmen begleitet seit der Gründung im Jahr 2003 deutsche Firmen, die in Italien Fuß fassen wollen. Und natürlich umgekehrt italienische Unternehmer, die hier Kontakte suchen.

»In Deutschland wird viel über Telefon und Internet kommuniziert«, erklärt der Experte. »Italiener legen sehr viel mehr Wert auf persönliche Kontakte.« Deshalb achtet Geschäftsführer Mazzocco, darauf, dass die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gute Italienischkenntnisse haben. Schon die studentischen Hilfskräfte knüpfen im Büro in Treviso Kontakte zur Partnerfirma Trevi S.p.A und lernen, dass der italienische Markt anders funktioniert als der deutsche. Mazzocco führte die Induvation – die Kombination aus Industrial und Innovation – anfangs als GbR und seit 2007 als GmbH. Mazzocco und sein 15-köpfiges Team beraten Kunden in allen Fragen rund um das Thema inner- und überbetriebliche Logistik. Gemeinsam werden Strategien entwickelt und in konkrete Planungen umgesetzt. Induvation begleitet die Realisierung komplexer Logistiksysteme und unterstützt die Inbetriebnahme. »Unsere Stärke liegt in der Entwicklung und Umsetzung ganzheitlicher und praxisnaher Lösungen. 2007 wurden wir dafür mit dem Sonderpreis »Innovative Logistik« ausgezeichnet«, sagt Mazzocco. Induvation hat auch das Mutterinstitut, das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund, dabei unterstützt, südlich des Brenners Fuß zu fassen.

Zu den Kunden der Logistikexperten gehören neben Villa Nova, einem großen Logistikdienstleister in Italien, Fiat und Aprilia auch der Mineralwasserhersteller San Benedetto. »Mit dem IML sind wir an der Restrukturierung des Fiat-Werkes in Brasilien beteiligt. Wir haben anfangs die Firma Nice – einen führenden Anbieter im Bereich Antriebs- und Steuerungstechnik – beim Aufbau ihres Produktionsnetzwerks in Italien betreut«, sagt Mazzocco, »heute begleiten wir die Erweiterung der Unternehmensgruppe in Deutschland.«

Christian Mazzocco
www.induvation.com



Komplexe Linsen zuverlässig fertigen

»Wir wollen das Präzisionsblankpressen von optischen Gläsern in Europa als eine Standardtechnologie der optischen Industrie etablieren«, sagt Dipl.-Ing. Bernd Bresseler. Zusammen mit Dr.-Ing. Thomas Bergs und Dipl.-Ing. Guido Pongs hat er 2005 die Aixtooling GmbH als Spin-off des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen ausgegründet. Das IPT hatte schon 1999 erkannt, dass der konventionellen Fertigung von Präzisionsgläsern technologische und wirtschaftliche Grenzen gesetzt sind. Mit ultrapräzisen Werkzeugen und umfangreichen Kenntnissen über das Glasumformverhalten lassen sich dagegen mit dem Präzisionsblankpressen sowohl sphärische, als auch asphärische oder strukturierte Linsen wirtschaftlich in großen Stückzahlen herstellen.

2005 ergab sich die Möglichkeit, eine Kooperation mit dem japanischen Maschinenhersteller Toshiba Machine Corp. einzugehen, dem damals weltweit einzigen kommerziellen Hersteller von derartigen Glaspressmaschinen. Die jungen Unternehmer konnten außerdem die Räume und Maschinen des IPT auf Mietbasis nutzen. »Das war eine tolle Möglichkeit, im Hochtechnologiefeld mit überschaubaren Kosten zu starten. In dieser frühen, aber entscheidenden Phase mussten wir keine großen Investitionen tätigen«, sagt Bresseler. Die Umsetzung ist vorbildlich gelungen und entspricht dem Fraunhofer-Gedanken, meint der Experte. Das Aachener Modell, bei dem neben den drei Gründern auch Professor Fritz Klocke und die WZL Aachen GmbH beteiligt sind, ebnete inzwischen auch den Weg für weitere Ausgründungen.

Kernkompetenzen des Unternehmens sind das Werkzeugdesign, die Prozessauslegung sowie die Herstellung ultrapräziser Werkzeugsysteme. Zusammen mit dem IPT werden zudem Machbarkeitsstudien und Entwicklungsprojekte durchgeführt. Auf serienreifen Pressmaschinen von Toshiba Machine Corp. können Linsen bemustert und in Einzelfällen auch Kleinserien gepresst werden. Ihrem Ziel, die Herstellung komplex geformter Linsen zu automatisieren, gleichzeitig das Wissen in Deutschland zu verankern und europäischen Unternehmen zur Verfügung zu stellen, sind die Aixtooling-Gründer deutlich näher gekommen. Das Spin-off ist inzwischen solide gewachsen und hat 18 Mitarbeiter. Immer mehr Optikhersteller nutzen die Fertigungstechnik der Aachener Firma.

Dipl.-Ing. Bernd Bresseler
www.aixtooling.de



Dienstreisen abrechnen

Ansprechpartnerin: Yvonne Ortiz Guadalupe
Yvonne.Ortiz@iese.fraunhofer.de

Forscher am Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE in Kaiserslautern haben eine neue App entwickelt, die die Abrechnung von Dienstreisen erleichtert.

Bisher muss der Reisende ein gutes Gedächtnis haben: sich merken, wann er angekommen und abgefahren ist, wie lange er auf der Dienstreise gearbeitet hat. Künftig könnte das einfacher sein: Kommt der Arbeitnehmer bei seinem Termin an, reicht ein Touch auf der entsprechenden App, und das Smartphone speichert Datum, Uhrzeit und Ort – und ordnet diese Daten der Dienstreise zu.

Das alles soll automatisch geschehen: Über den Dienstreiseantrag kennt die App das Ziel. Kommt der Reisende dort an, registriert das Smartphone dies über GPS und macht einen Vorschlag, der nur noch bestätigt werden muss. Gerade bei sehr langen Dienstreisen ist es im Nachhinein oft mühsam, Quittungen von öffentlichen Verkehrsmitteln oder Taxis der entsprechenden Fahrt zuzuordnen. Fotografiert man diese jedoch, ordnet die App die Fotos automatisch zu und erleichtert so die Abrechnung.



Mit Sonne und Wasser fahren

Ansprechpartner: Dr. Christopher Hebling
christopher.hebling@iese.fraunhofer.de

Am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg steht eine Wasserstoff-Tankstelle für Pkws, Busse und Fahrräder bereit. Sie dient als Forschungsplattform und ist als Teil eines deutschland- und weltweit entstehenden Wasserstoff-Tankstellennetzes öffentlich zugänglich.

In einer nachhaltigen Energiewirtschaft wird regenerativ erzeugter Strom zusammen mit Wasser per Elektrolyse in Wasserstoff umgewandelt, der dann Brennstoffzellenfahrzeuge – Elektrofahrzeuge, deren elektrischer Strom durch Brennstoffzellen an Bord erzeugt wird – antreibt. Das Tanken dauert drei Minuten, die Reichweite von Brennstoffzellen betriebenen Pkws beträgt heute je nach Fahrzeug 350 bis 500 km.

Die Freiburger Wasserstoff-Tankstelle, die vom Umweltministerium Baden-Württemberg gefördert wurde, ist eine von wenigen, die die gesamte Energiekette – vom regenerativ erzeugten Strom über die Elektrolyse bis zur Betankung – aufweist. Der Energiebedarf zur Erzeugung und Speicherung des Wasserstoffs soll trotz Stromnetzanschluss im Jahresmittel aus Photovoltaikfeldern auf dem Dach der Tankstelle sowie benachbarter Gebäude gedeckt werden.



Kohlrabi ohne Kohlfliegen dank Cyanobakterien.
© panthermeida

Unangreifbarer Kohlrabi

Ansprechpartnerin: Dr. Ulrike Schmid-Staiger,
ulrike.schmid-staiger@igb.fraunhofer.de

Legen Kohlfliegen ihre Eier auf frisch gepflanztes Gemüse, verlieren Ökolandwirte oft die gesamte Ernte. Künftig sollen Pellets aus Cyanobakterien und Gärresten von Biogasanlagen diese Insekten auf ökologisch verträgliche Weise vertreiben – und die Pflanzen gleichzeitig düngen.

Forscher am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart haben die Pellets gemeinsam mit ihren Kollegen der »Westungarischen Universität« in Mosonmagyaróvár/Ungarn im Auftrag verschiedener Ökolandbau-Verbände entwickelt.

Bringt man die Pellets rund um das frisch gepflanzte Gemüse auf, werden die Cyanobakterien durch die Bodenflora abgebaut und ein Geruchsstoff freigesetzt, der die Kohlfliegen vertreibt.

In Freilandversuchen in Ungarn und Spanien haben die Forscher diese Insektenabwehr bereits getestet: Der angebaute Weißkohl und die Kohlrabi wurden in keinem der Versuche von Kohlfliegen befallen. Auch die Düngewirkung kann sich sehen lassen: So waren die Kohlrabis etwa doppelt so groß wie die ungedüngten.

Leicht verdauliche Daten-Kost



Das Ziel: Die Herkunft von
Lebensmitteln transparent machen.
© istockphoto

Wie lange war der Joghurt unterwegs? Wie frisch sind die Tomaten? Woher kommt das Steak? Dank Food Chain Management lassen sich solche Fragen künftig schnell und zuverlässig beantworten.

Text: Monika Weiner

Der Kunde ist König. Ihm offerieren Lebensmittelhändler tagaus tagan ein riesiges Sortiment von Köstlichkeiten: Da gibt es Äpfel aus Südtirol und Neuseeland; Tomaten aus Spanien, Holland oder Italien; Milch, Butter und Joghurt aus den bayrischen Bergen, aus Irland, Bulgarien oder Schleswig-Holstein; Bio-Fleisch und Fair-Trade-Bananen.

König Kunde hat die Qual der Wahl. Bei seiner Kaufentscheidung ist er allerdings auf die Informationen angewiesen, die auf der Packung stehen. Details über den Herkunftsor, die Verarbeitung oder den Transport von Obst und Gemüse, Fleischwaren und Milchprodukten bekommt der Verbraucher nicht – noch nicht. Doch das soll sich bald ändern.

Mit dem Konzept des Food Chain Managements macht man die Geschichte von Lebensmitteln transparent: Alle Informationen, die für die Bewertung eines Nahrungsmittels wichtig sind, lassen sich speichern und jederzeit abrufen. Im Zeitalter der mobilen Kommunikation muss der Kunde im Supermarkt nur noch sein Smartphone zücken, den quadratischen QR-Code auf der Produktpackung scannen, und schon erscheinen auf dem Display der Name des Bauernhofs, von dem das Schnitzel kommt, das Datum, an dem das Kalb geschlachtet wurde, die Anschrift der Firma, die das Fleisch verpackt hat, Maximal- und Minimaltemperatur während des Transports, sowie das Datum der Auslieferung an den Einzelhandel. Auch Herstellungsort und Kühlketten von Milch, Joghurt oder Käse lassen sich auf diese Weise abrufen. Wer Lust hat, kann Bewertungen anderer Kunden anklicken oder Preise vergleichen.

Dass all dies tatsächlich funktioniert, konnten Fraunhofer-Forscher unlängst in einem Pilotprojekt demonstrieren. Drei Jahre haben Chemiker, Physiker, Verpackungstechniker, Logistiker und Informatiker aus sechs Fraunhofer-Instituten an einem Food-Chain-Management-Konzept gearbeitet. »Grundsätzlich können wir die gesamte Herstellungs- und Logistikkette eines Lebensmittels – englisch Food Chain – erfassen. Die Daten lassen sich zusammen mit dem Produkt verschicken. Mit ihrer Hilfe können Unternehmen Abläufe optimieren und gleichzeitig den Verbrauchern wichtige Zusatzinformationen liefern«, erklärt Dr. Mark Bücking, Forscher am Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewand-

te Oekologie IME und Sprecher der Fraunhofer-Allianz Food Chain Management. »Das Ergebnis ist eine Win-win-Situation: Händler und Logistikunternehmen sparen Geld, weil weniger Waren auf dem Weg zum Kunden verderben, dieser wiederum bekommt mehr Transparenz.«

Tomaten als Versuchskaninchen

Mit ausgetüftelter Sensorik, die Daten erfasst, RFID-Chips, die diese speichern, und smarten Etiketten, durch welche die Informationen sichtbar werden, können die Forscher die Herstellungs-, Verarbeitungs- und Logistikkette von Gemüse und Fleisch lückenlos erfassen und darstellen. »Wir haben eine Internet-Plattform geschaffen, die alle Schnittstellen aufzeigt«, berichtet Dr. Volker Lange vom Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML. Im Fall der Tomate, die der Forscher als »Versuchskaninchen« benutzt, gibt es ein knappes Dutzend solcher Schnittstellen: Die Frucht wird geerntet, in LKWs abtransportiert, wieder ausgeladen und verpackt. Ein Roboter stapelt die Einzelpackungen in Kisten und diese auf Paletten. Das Transportunternehmen bringt die Paletten zum Großhändler, der nun seinerseits die Kisten zum Einzelhändler schickt. Beim Fleisch ist es nicht einfacher: Der Weg führt vom Bauern zum Schlachtbetrieb. Von dort geht es weiter zum Metzger, wo die Stücke zerschnitten und verpackt werden. Im Kühlcontainer gelangt die Ware dann zum Großhändler und schließlich in den Einzelhandel. »Die Internetplattform zeigt uns genau, wo die Qualität der Endprodukte gefährdet sein kann und welche Technologien man dagegen anwenden könnte«, resümiert Lange.

Die notwendigen Informationen liefern Sensoren – einige davon haben Forscher eigens für ihr Pilotprojekt entwickelt. Der neue mikrooptische Ethylen-Sensor aus dem Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM beispielsweise kann während des Transports die Konzentration des Reife-Hormons in der Umgebungsluft messen. Diese Messwerte verraten viel über den Zustand des Obsts oder Gemüses, das gerade transportiert wird: Je höher die Ethylen-Konzentration, desto reifer sind Bananen, Äpfel oder Tomaten. »Bisher war es nicht möglich, den Wert im LKW oder auf dem Schiff zu ermitteln«, berichtet Prof. Jürgen Wöllensteiner vom IPM. Zur Überprüfung der Ethylen-Konzentration verwendet sein Team eine Lichtquelle, die infrarotes Licht gepulst aussendet, sowie einen Detektor, der misst, was wieder zurückkommt. Da Ethylen infrarotes Licht einer bestimmten Wellenlänge schluckt, kann man aus der Menge des absorbierten Lichts rückschließen auf die Menge des Reifehormons in der Containerluft. Das Monitoring mit dem neuen Sensor hilft Logistikunternehmen, den Reifungsprozess zu kontrollieren: Die Informationen lassen sich über eine ausgetüftelte Schaltung direkt an ein Smartphone weiterleiten. Bekommen LKW-Fah-

rer oder Containerschiff-Kapitäne entsprechende Warnhinweise, so können sie Maßnahmen ergreifen: beispielsweise die Kühlcontainer mit frischer Luft versorgen.

Um die Frische von Fleischwaren zu bestimmen, haben die Forscher am Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM einen Scanner entwickelt, der die Konzentration von Bakterien auf der Oberfläche von Schnitzeln und Steaks – durch die Folienverpackung hindurch – messen kann. Bisher benötigte man für solche Untersuchungen ein gut ausgestattetes Labor und einige Tage Zeit. Das neue Analysegerät erledigt den Job innerhalb weniger Minuten, indem es die Fluoreszenz misst, die durch die Stoffwechselprodukte der Bakterien hervorgerufen wird.

Datenflut im Supermarkt

Gespeichert werden die Daten – egal, ob vom Reife- oder Bakteriensor – nicht nur in einer Datenbank, sondern auch auf RFID-Etiketten, die sich auf den Transportkisten befinden. Die intelligenten Radio-Frequency-Identification-Tags, die auch noch mit Feuchte- und Temperatursensoren ausgestattet sind, stammen vom IZM. »Die RFID-Etiketten bleiben während des gesamten Verarbeitungs- und Transportprozesses beim Produkt und lassen sich jederzeit mit einem Lesegerät visualisieren«, erläutert Lange. »Der Groß- oder Einzelhändler kann diese Informationen auch Verbrauchern zugänglich machen, indem er die Waren mit einem QR-Code versieht und die Daten mit diesem Code verlinkt.«

Dass das tatsächlich funktioniert, haben die Fraunhofer-Forscher im Pilotprojekt Food Chain Management bewiesen: Eine App für iPhones, die das Team um Jörg Weidner vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen entwickelt hat, liest den QR-Code aus: Auf dem Display erscheint der Herkunftsland der Koteletts. »Grundsätzlich können wir mit der App Zugriff schaffen auf sämtliche Informationen, die während der Produktions- und Lieferkette eines Lebensmittels anfallen, doch damit würden wir den Endkunden wahrscheinlich überfluten«, prognostiziert Weidner. Droht der Datenstau im Supermarkt?

»Wir haben die technischen Möglichkeiten geschaffen. Die Praxis wird zeigen, welche Informationen die Händler zur Verfügung stellen und wie viele davon die Verbraucher abrufen«, resümiert Bücking. »Attraktiv ist die neue Technik vor allem für Hersteller, die über den Mehrwert ihrer Produkte informieren wollen: beispielsweise darüber, dass diese von besonders zertifizierten Bio-Höfen stammen oder dass sie geeignet sind für Allergiker.« Die Qual der Wahl bleibt König Kunde also auch künftig nicht erspart, aber er wird genauer wissen, was er wählt. ■

Giganten des Meeres



Gewaltige Container-Schiffe werden künftig immer mehr Waren über den Seeweg transportieren. Deutsche Häfen sind für diese Entwicklung gut gerüstet. Das ist ein Ergebnis der Studie »Seeschifffahrt 2020«.

Text: Frank Grotelüschen

Containerriesen, Tanker, Kreuzfahrer, Fischtrawler – bis zu 100 000 Handelsschiffe fahren auf den Weltmeeren. Aufgrund der Globalisierung werden immer mehr Waren per Seeweg befördert. Derzeit sind es Experten zufolge etwa zwei Drittel des weltweiten Handelsvolumens, Tendenz steigend. Der Boom hat die maritime Branche in den vergangenen Jahren überproportional wachsen lassen, stärker noch als die weltweite Wirtschaft. Eine Abschwächung des Trends ist nicht in Sicht.

Doch was ist für das nächste Jahrzehnt wichtig? Werden die Schiffe des Jahres 2020 größer und

leistungsfähiger sein als heute? Sind sie umweltfreundlicher? Gehen die Reedereien verstärkt Kooperationen ein? Sind die deutschen Häfen für die Zukunft gerüstet? Um diese Fragen zu beantworten, hat das in Hamburg ansässige Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML eine Studie initiiert. 60 Unternehmen beteiligten sich an der Online-Umfrage, darunter Reeder, Hafenbetreiber und maritime Verbände.

»Das Transport-Volumen über den Seeweg nimmt in Zukunft weiter zu«, sagt CML-Leiter Prof. Carlos Jahn. »Sogar wenn Wirtschaftskri-

sen für vorübergehende Flauten sorgen – die Zeichen stehen auf Wachstum.« Besonders die Containerschifffahrt dürfte profitieren: Seit Jahrzehnten werden immer mehr Güter in Container verpackt. Spezialkräne können sie in Rekordgeschwindigkeit auf Schiffe stapeln und wieder entladen.

Da mehr und mehr Waren containergerecht verpackt werden, dürfte der Trend weiter anhalten. Die Folge: Es gibt nicht nur immer mehr, sondern auch immer größere Containerschiffe. Passten in den neunziger Jahren auf die damals größten Pötte noch maximal 8000 Standardcon-



Mehr Waren, mehr Container, größere Containerschiffe – noch ist der Trend ungebrochen. © plainpicture

tainer (TEU), können die heutigen Riesen bis zu 15 000 TEU aufnehmen.

»Bald können erste Schiffe 18 000 TEU transportieren«, sagt CML-Mitarbeiterin Claudia Bosse, Leiterin der Studie »Seeschifffahrt 2020«. Diese Giganten sind nahezu 400 Meter lang und werden im Laufe des nächsten Jahrs in den Welthäfen auftauchen. Doch damit nicht genug: »Es gibt sogar schon Ideen, Containerschiffe mit einer Kapazität von 22 000 TEU aufzulegen.« Auf diesen Trend reagieren auch die Häfen: So müssen die Kräne, die die Schiffe be- und entladen, immer größer werden. Außerdem läuft der

Betrieb an einem Containerterminal zunehmend automatisch, was das Laden und Löschen der Container beschleunigt. Die Folge: effizienterer Warenumschlag, kürzere Liegezeiten, geringere Kosten.

»Die deutschen Seehäfen sind hervorragend für die Zukunft gerüstet«, meint Carlos Jahn. »In Hamburg wird der Burchardkai grundlegend modernisiert, die Kapazität dieses Containerterminals verdoppelt sich dadurch.« Ähnlich ambitionierte Projekte gibt es auch in Bremen. Außerdem nimmt voraussichtlich im August mit dem Jade-Weser-Port in Wilhelmshaven ein weiterer Umschlagplatz seinen Betrieb auf.

An diesen Terminals – so ein weiteres Ergebnis der Studie – beteiligen sich zunehmend auch die Reeder. »Dadurch können sie den Transport besser beeinflussen und ihre Frachtwege effizienter gestalten«, erläutert Claudia Bosse. Außerdem dürften die Reedereien – ähnlich wie heute die Fluggesellschaften – verstärkt Allianzen eingehen, um ihre Schiffe noch besser auszulasten als bislang. Bei diesen Kooperationen nimmt ein Reeder auf einer bestimmten Strecke einige Container eines Mitbewerbers mit. Der befördert im Gegenzug auf einer anderen Linie die Fracht des Konkurrenten.

Eine zentrale Herausforderung an die maritime Branche aber stellen Verbesserungen in puncto Umwelt und Klima dar – schließlich emittieren Schiffe und auch Hafenanlagen große Mengen an CO₂, Stickoxiden und Schwefelgasen. »In unserer Studie haben wir festgestellt, dass die Unternehmen das Thema Umwelt sehr ernst nehmen«, sagt Bosse. »Sie planen beträchtliche Investitionen in umwelt- und klimafreundliche Technologien.«

Umweltschonende Technik

Deshalb wird ein Schiff, das 2020 vom Stapel läuft, einiges mehr an umweltschonender Technik an Bord haben als die heutigen Frachter: Effizientere Motoren und strömungsgünstigere Rumpfe senken den Treibstoffverbrauch. Womöglich reinigen spezielle Filter und Katalysatoren die Abgase. Und: Manche Schiffe werden gezielt langsamer fahren als bislang, um deutlich weniger Öl zu verbrennen. »Ich gehe davon aus, dass 2020 das Spektrum der Geschwindigkeiten größer sein wird als heute«, meint Carlos Jahn. »Es wird schnellere Schiffe geben, aber auch langsamere – so, wie es der Kunde wünscht.«

Die Schwefelemissionen – bislang eines der größten Umweltprobleme in der Schifffahrt – sollen deutlich sinken. Derzeit dürfen Handelsschiffe auf hoher See Treibstoffe mit einem Schwefelgehalt von 3,5 Prozent verbrennen. Auf Nord- und Ostsee sowie im Ärmelkanal sind es seit Juli 2010 nur noch ein Prozent. Von Januar 2015 an wird der zulässige Wert – wie schon heute an den Küsten Nordamerikas – auf 0,1 Prozent heruntergesetzt. »Um diese Grenzwerte einhalten zu können, müssen die Reeder entweder schwefelarme Treibstoffe einsetzen oder ihre Schiffe mit Anlagen zur Abgas-Nachbehandlung ausrüsten«, schätzt Jahn ein. »Beides wird die Betriebskosten erheblich erhöhen.«

Ballastwasser wird künftig behandelt

Ähnliches gilt für eine weitere Zukunftstechnik – die Behandlung des Ballastwassers. Um ohne Ladung stabil zu schwimmen, besitzt jedes Schiff Ballasttanks, die man bei Bedarf mit See- oder Hafenwasser füllt. Nur: Mit dem Ballastwasser werden allerlei Organismen aufgenommen. Beim Leerpumpen der Tanks in anderen Häfen, können sich die importierten Organismen im ungünstigen Fall dort breitmachen und einheimische Arten verdrängen.

Auf diese Weise gelangte zum Beispiel die chinesische Wollhandkrabbe nach Deutschland. Sie zerstört das Uferbett von Flüssen und verursachte bislang Schäden von bis zu 85 Mio. Euro. »So etwas wird es in Zukunft nicht mehr geben«, hofft Carlos Jahn. »In einigen Jahren sollte das internationale Ballastwasser-Übereinkommen in Kraft getreten sein. Dann müssen alle größeren Schiffe mit Anlagen ausgerüstet sein, die dieses Wasser chemisch oder physikalisch reinigen.«

Auch die Häfen sollen umwelt- und klimaverträglicher werden. So ließen sich die Kräne und Transportfahrzeuge von Containerterminals mit emissionsarmen oder sogar emissionsfreien Antrieben ausstatten, etwa auf der Basis der Brennstoffzellen-Technologie. Ferner könnten Schiffe, die ihren Strom derzeit noch per Dieselgenerator an Bord erzeugen, künftig von Land aus versorgt werden, im Idealfall mit regenerativem Strom. »Zwar gibt es heute viele gute Ansätze für umweltfreundliche Schifffetechnik«, resümiert Carlos Jahn. »Aber diese Ansätze lassen sich von der Branche durchaus noch stärker forcieren.« ■

Navi fürs Einkaufszentrum

Mit einem GPS-Empfänger im Smartphone kann man sicher durch die Straßen navigieren. In einem Gebäude aber hilft er nicht weiter. Forscher haben ein Navigationssystem für Innenräume entwickelt.

Text: Tim Schröder

Ein Smartphone mit GPS-Funktion ist eine feine Sache. Es navigiert seinen Besitzer sicher durch die Straßen einer fremden Stadt. Am Ziel angekommen, ist es mit der Orientierung aber oft vorbei: Im Gebäude reißt der Kontakt zu den GPS-Satelliten ab. Dann steht man verloren da – im weitläufigen Messezentrum oder in einer verzweigten Shopping-Mall. Wie hilfreich wäre es, dachte sich Harald von Rosenberg, wenn das Smartphone in solchen Momenten auf ein Innenraum-Navi umschalten und den Weg durch Ladenzeilen und Treppenhäuser weisen könnte? Dass das durchaus möglich ist, hat der Projektleiter für »Bewegungskontrollsysteme« vom Stuttgarter Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA jetzt in dem Kooperationsprojekt »MST-Smartsense« des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gezeigt – gemeinsam mit den Firmen Robert Bosch GmbH, Bosch Sensortec GmbH, Binder Elektronik GmbH, AEMtec GmbH, Sensitec GmbH sowie der Fraunhofer-Einrichtung für Modularer Festkörper-Technologien EMFT und den Fraunhofer-Instituten für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM und für Elektronische Nanosysteme ENAS. Die Partner haben ein Sensormodul für die Navigation in Innenräumen entwickelt, das nur so groß wie ein Fingernagel und damit für den Einsatz in einem Smartphone prädestiniert ist.

Sensor erkennt Schrittänge

Ähnlich wie herkömmliche Schrittzähler registriert das Modul, wie schnell und weit eine Person geht. Allerdings ist es sehr viel genauer und intelligenter als handelsübliche Geräte. In dem winzigen Modul sitzen gleich mehrere Sensoren, deren Informationen miteinander verrechnet werden. Dazu gehören ein Beschleunigungssensor, der die Bewegung des Körpers registriert sowie ein Magnetfeldsensor, der die Ausrichtung des Körpers durch dessen Lage zum Erdmagnetfeld misst. Beides zusammen ergibt ein sehr genaues Bewegungsmuster. »Sensorfusion«

nennt von Rosenberg eine solche intelligente Kopplung mehrerer Sensoren. Weiterer Vorteil: Das Modul muss nicht wie herkömmliche Schrittzähler auf den Nutzer abgestimmt werden. Es erkennt, ob dieser lange Beine hat oder eher Trippelschritte macht. Möglich ist das, weil die Forscher die Software mit Schrittmustern verschiedener Personen trainiert hat. Der Sensor registriert damit sofort, wie eine Person läuft und kann die Schrittänge exakt einschätzen.

Display zeigt ideale Marschroute an

Natürlich funktioniert ein Innenraum-Navi nur, wenn es das Gebäude kennt. Zu diesem Zweck sollen Smartphones künftig automatisch dreidimensionale Gebäudepläne aus dem Internet herunterladen. Diese werden mit dem Sensormodul gekoppelt, sodass die aktuelle Position angezeigt wird. Mehr noch: Auf dem Display erscheint auch die ideale Marschroute. Und

noch etwas zeichnet das neue Sensormodul aus. Es besitzt einen eigenen kleinen Mikrocomputer, der die Sensormesswerte in klare Daten umsetzt, zum Beispiel eine Gradzahl für die Blickrichtung oder eine Streckenlänge. Diese können direkt vom Smartphone genutzt werden.

»Anders als üblich, kann der MST-Smartsense-Sensor damit ohne weitere Zusatzelemente direkt ins Smartphone oder Tablet eingebaut werden und Apps mit Informationen versorgen«, sagt von Rosenberg. Da das Sensormodul autark arbeitet, beansprucht es keine Rechenkapazität auf dem Bordprozessor des Smartphones. Es nutzt seinen eigenen kleinen Prozessor, der deutlich weniger Strom benötigt. Das schont den Akku des Geräts. ■

Auf dem Bildschirm wird das virtuelle 3D-Innenraummodell des Gebäudes angezeigt. Der Standort und die zurückgelegte Strecke sind in der Karte eingezeichnet.
© Fraunhofer IPA





WEITERBILDUNG MIT FRAUNHOFER

- Innovation erleben
- Berufsbegleitend qualifizieren
- Wissensvorsprung sichern



Use your
Smartphone



www.academy.fraunhofer.de

Fernsehen interaktiv – Archivmaterial wird zum Erlebnis

Wie können Informationen aus Fernsehsendungen, die in den Archiven der Sender lagern, sinnvoll genutzt werden? ProSiebenSat.1 Digital nutzt eine Fraunhofer-Technologie, um interessante Inhalte für Internetnutzer bereitzustellen.

Text: Isolde Rötzer

Wie war das noch mal? Wie viele Tonnen Lebensmittel wandern in Deutschland jährlich in den Müll? Der Beitrag lief im Wissensmagazin Galileo. Aber wann? Gar kein Problem, wenn man sich nicht genau an den Tag erinnert. Einfach kurz auf www.galileo-videolexikon.de gehen und die Schlagworte Lebensmittel und Müll eingeben. Schon wird der gewünschte Beitrag angezeigt. Das Galileo-Videolexikon ist ein gutes Beispiel dafür, wie sich ein erfolgreiches TV-Format innovativ ins Internet übertragen lässt. Seit Herbst 2010 können die Zuschauer mehr als 5000 Sendungen nach Schlagworten durchsuchen und direkt an die richtige Stelle im TV-Beitrag springen. Ein neues Data-Mining-Verfahren, das Forscher am Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS in Sankt Augustin für ProSiebenSat.1 Digital, das Multimedia-Unternehmen der ProSiebenSat.1 Group, entwickelt haben, macht es möglich.

 www.galileo-videolexikon.de

»Das Wissensmagazin Galileo eignet sich besonders gut für das Lexikon«, erklärt Angelika Pauer, verantwortlich für Business Development in der Abteilung NetMedia am IAI. »Hier steht der Internet-User im Fokus, der eine bestimmte Art der Suche gewöhnt ist und Inhalte schnell finden will.« Sprachanalysen sind seit rund zehn Jahren ein wichtiges Thema für die Experten, die darauf spezialisiert sind, Video- und Audiodaten zu analysieren und Informationen aus ihnen zu erschließen. Während hinter den klassischen Spracherkennungssystemen meist begrenzte Wörterbücher stehen – etwa bei Siri



von Apple –, wird bei der Fraunhofer-Audio-Mining-Software zusätzlich zu den Wörtern die Abfolge der einzelnen Wortsilben erkannt. Dieser Schritt ermöglicht es später, auch seltene Eigennamen oder Spezialbegriffe zu finden, die üblicherweise nicht in einem Wörterbuch enthalten sind. Für das Videolexikon wandelt die Software, die auf die Stimme der Sprecher und Moderatoren trainiert ist, die Tonspuren der Galileo-Clips vollautomatisch in geschriebenen Text um. Dieser Text bildet die Basis für eine Keyword-Cloud, die kompakt den Inhalt eines einzelnen Beitrags beschreibt. Für jedes gefundene Stichwort lassen sich zusätzlich die Zeitpunkte im Video speichern, an denen es um den Begriff geht. Nach und nach werden so alle Sendungen erschlossen, um Suchtreffer gewichten zu können und dem Benutzer ähnliche Inhalte zu präsentieren.

»Im Laufe der vergangenen zwölf Jahre hat sich im analogen Archiv ein riesiger Bestand von tausenden Videoclips angesammelt, die wir unseren Zuschauern und Nutzern nicht vorenthalten wollen«, sagte Dirk Kauer, Director Product Development bei ProSiebenSat.1 Digital.

Im Videolexikon können die Nutzer viele Videos durchstöbern und nach Schlagworten in den Clips suchen.
© ProSiebenSat.1

beim Startschuss zur Internet-Plattform. »Mit dem Galileo-Videolexikon betreten wir eine neue Dimension der Suche im Bereich Bewegtbild. Zukünftig können die User nicht nur geschriebenes Wort nachschlagen, sondern Videobeiträge entdecken, die über eine manuelle Verschlagwortung nicht auffindbar gewesen wären.«

Das Audio-Mining-System der IAIS-Forscher eignet sich besonders gut für die Zweitverwertung von Sendungen. Zusammengefasst wird das Ganze unter dem Begriff Open-Up-Technologie. Sowohl Galileo, als auch die ARD-Mediathek nutzen das System. Kombiniert man Audio-Mining mit Bilderkennung oder Dokumentenanalyse, so ergeben sich viele Anwendungen für die Zweitverwertung. Auch das Webduell von Politikern, das die ARD im Wahljahr 2009 online zur Verfügung gestellt hatte, wurde mit dieser Technologie realisiert. ■

Preis für Zusammenarbeit



Fertigung des Führungsdrähtes aus faserverstärktem Kunststoff. © Fraunhofer IPT

Bei Herzoperationen – etwa bei der Dehnung von verengten Blutgefäßen mit einem Katheter – nutzen Mediziner bildgebende Verfahren, um die Vorgänge optimal überwachen und Instrumente gezielt steuern zu können. Bislang sind die Werkzeuge allerdings nur für den Einsatz unter Röntgenstrahlung geeignet. Im Magnetresonanztomographen führen Führungsdrähte und Katheter nach dem Stand der Technik zu Sicherheitsrisiken. Sie können das Bild verzerren.

Eine Alternative haben Forscher des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen zusammen mit vier Industrie- und Forschungspartnern entwickelt: einen Führungsdräht aus faserverstärktem Kunststoff

für minimalinvasive medizinische Eingriffe. Der Führungsdräht erhitzt sich – im Gegensatz zu konventionellen Drähten aus Metall – nicht im Magnetfeld und verursacht auch keine Bildstörungen. Der multifunktionelle Draht macht minimalinvasive und strahlungsarme sowie kontrastmittelfreie Eingriffe im Magnetresonanztomographen möglich.

Für diese Entwicklung hat das Team den Preis der internationalen »Biomedica«-Konferenz für Life Sciences in Liège, Belgien, erhalten. Die Auszeichnung ist mit 10 000 Euro dotiert. Der Preis würdigt die besonders gute Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie bei der Entwicklung des faserverstärkten Führungsdrähts.

MS Wissenschaft gestartet



Das Ausstellungsschiff ist vom 30. Mai bis zum 15. Oktober unterwegs. © T. Gabriel/studio grau

Das Ausstellungsschiff MS Wissenschaft ist wieder auf großer Fahrt. An Bord sind interessante Exponate rund um das Thema Nachhaltigkeit. Das Schiff geht in 36 Orten vor Anker, dabei sind auch drei Städte in Österreich.

Sieben der insgesamt etwa vierzig Ausstellungsstücke sind von Fraunhofer-Instituten. Die For-

scher präsentieren »Schätze in der Spielkonsole«, »Recycling für die Bahn«, »Wassermanagement der Zukunft«, »Das Leben der Dinge – Rohstoffkreisläufe«, »Das Beste aus Bus und Bahn« und zeigen wie man »Nachhaltig waschen« kann (www.ms-wissenschaft.de).

Fraunhofer auf Messen

August

31. August – 5. September
IFA, Berlin
Messe für Unterhaltungselektronik und Elektro-Haushaltsgeräte

September

4. – 7. September
SMM, Hamburg
shipbuilding, machinery and marine technology
Internationales Forum der Schiffbauindustrie

7. – 11. September
IBC, Amsterdam
Internationale Messe für Funk, Film und Fernsehen

11. – 16. September

ILA, Berlin
Internationale Luft- und Raumfahrt-Messe

18. – 21. September

Innotrans, Berlin
Internationale Fachmesse für Verkehrstechnik

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

Franziska Kowalewski
Susanne Pichotta
Welf Zöller

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

Personalien

Das Präsidium der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften »acatech« hat **Professorin Ina Schieferdecker** zur acatech Botschafterin an der FU Berlin berufen. In dieser Funktion wird Professor Schieferdecker acatech für drei Jahre an der Universität repräsentieren und die Vernetzung der Akademie mit der FU Berlin fördern. Ina Schieferdecker leitet das Kompetenzzentrum Modeling and Testing for System and Service Solutions (MOTION) am Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS sowie den Lehrstuhl für modellbasierte Entwicklung und Qualitätssicherung an der Freien Universität Berlin.

Dr. André Bergholz, Hannes Korte und Dr. Andreas Schäfer vom Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS erhielten auf der CeBIT einen Preis beim »Gründerwettbewerb – IKT innovativ« des Bundeswirtschaftsministeriums. In ihrem Businessmodell zur Markt- und Wettbewerbsbeobachtung mit Text-Mining-Methoden werden Module aus dem Forschungsförderprogramm THESEUS eingesetzt. Die Preisträger erhalten ein Startkapital von bis zu 30 000 Euro für die Gründung ihres Unternehmens Implisense.

Dr. Michael Meier wurde auf die Professur für IT-Sicherheit am Institut für Informatik der Universität Bonn berufen. Seit 2010 ist er Wissenschaftler in der Forschungsgruppe Cyber Defense des Fraunhofer-Instituts für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE in Wachtberg bei Bonn.

Professor Elmar Wagner, ehemaliger Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Physikalische Messtechnik IPM, erhielt die Ehrenmedaille des Vereins Deutscher Ingenieure e.V. Die Auszeichnung wurde auf der diesjährigen »Sensor + Test« verliehen. Mit der Medaille wurde Wagner für seine besonderen Verdienste auf den Gebieten Sensorik und Mess-technik geehrt.

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
magazin@zv.fraunhofer.de
www.fraunhofer.de/magazin

ClimatePartner
klimaneutral
gedruckt

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

Redaktion:
Franz Miller, Birgit Niesing (Chefredaktion)
Marion Horn, Beate Koch, Monika Weiner,
Christa Schraivogel (Bild und Produktion)

Redaktionelle Mitarbeit:
Frank Grotelüschen, Daniel Hautmann,
Klaus Jacob, Chris Löwer, Katja Lüers,
Bernd Müller, Michaela Neuner, Isolde Rötzer,
Tim Schröder, Evodia Tsakiridou

Graphische Konzeption: BUTTER. Düsseldorf
Layout: Vierthaler & Braun, München

Titelbild: ddpimages
Litho + 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: 8. August 2012

Bezugspreis im Mitgliedspreis enthalten.
© Fraunhofer-Gesellschaft, München 2012



Reisen Sie 3 Monate nach Morgen.

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



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

DIE CHANCEN FRÜHER ENTDECKEN.



IHRE VORTEILE ALS ABONNENT:

■ VORSPRUNG GENIESSEN.

Früher bei Ihnen als im Handel erhältlich.

■ PREISVORTEIL SICHERN.

Mehr als 34 % Ersparnis im Vergleich zum Einzelkauf während des Testzeitraums.

■ EXKLUSIVES ERFAHREN.

Monatlicher Chefredakteurs-Newsletter.

■ EVENTS BESUCHEN.

10 % Rabatt auf alle Heise-Events.

GRATIS

MINI MAGLITE®

- Handliche Taschenlampe mit 2 Mignonzellen
- Drehschalter am Lampenknopf und Kerzenfunktion
- Laut „Forbes“ eines der besten US-Produkte der letzten Zeit

JETZT BESTELLEN UND VON ALLEN VORTEILEN PROFITIEREN.

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

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

TRP 12/02

Vorname, Name

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Telefon und E-Mail (für eventuelle Rückfragen)

Ja, ich bin damit einverstanden, dass der Heise Zeitschriften Verlag mich über seine Angebote und Produkte informiert. Diese Informationen wünsche ich per:

E-Mail Telefon (bitte ankreuzen)

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

Datum, Unterschrift

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

WWW.TRVORTEIL.DE

Discover another dimension

IT'S SIMPLE, IT'S RELIABLE, IT'S OPTO-DIGITAL



Hochauflösendes
aufrechtes Mikroskop
DSX500



Schwenkbares
Zoom-Mikroskop
DSX100



Hochauflösendes
inverses Mikroskop
DSX500i

Unschlagbare Optik.
Digitale Spitzentechnologie.
Die perfekte Kombination.

Die opto-digitalen Mikroskope der DSX Serie.