

weiter.vorn

Das Fraunhofer-Magazin

2/15

Leichter fertigen



Informationstechnologie

Sicher produzieren in der Industrie 4.0

Elektromobilität

Steckdose ade

Life Sciences

Werkzeugbox für Knochen



3. Fraunhofer Energietage

SAVE THE DATE

29. – 30. April 2015

Berlin-Brandenburgische Akademie
der Wissenschaften | Berlin



Energiewende am
Industriestandort
Deutschland

www.fraunhofer-energietage.de

Veranstalter



Fraunhofer

ENERGIE

Konferenz-Sessions

Eröffnung und Keynote-Vorträge

Session 1 | Energieversorgung für Unternehmen

Session 2 | Energieeffizienz in Produktion und Gewerbe

Session 3 | Marktchancen und Energieeffizienztechnologien

Organisator



Digitale Lebenswelten



Prof. Dr. Reimund Neugebauer. © Axel Griesch

Moderne Informationstechnologien durchdringen unsere Lebens- und Arbeitsbereiche immer stärker. Sie verändern die Art und Weise, wie wir kommunizieren, arbeiten, einkaufen, Musik hören oder Filme anschauen. Derzeit ist vor allem die Digitalisierung der Wirtschaft in der Diskussion. Denn Cloud Computing, Industrie 4.0, Smart Data und das Internet der Dinge beginnen die Ökonomie nachhaltig zu wandeln. Künftig werden immer mehr Industrieanlagen, Maschinen, Autos, Häuser, Smartphones, aber auch Dinge des täglichen Lebens wie die Heizung oder die Waschmaschine digital miteinander vernetzt sein. Das zeigt, wie umfassend diese Entwicklung ist – die Veränderung betrifft fast jede Branche von der Produktion über den Handel und die Dienstleistung bis zur Logistik. Ein disruptiver Umbruch ist zu erwarten. Das bedeutet: Herkömmliche Geschäftsmodelle, Produkte oder Services werden »zerstört« und durch neue ersetzt.

Was sind die Folgen dieses Wandels? Durch die zunehmende Vernetzung gewinnen Daten immer stärker an Bedeutung. Informationen werden künftig zusätzlich zu den Produktionsfaktoren Kapital, Arbeitskraft und Rohstoff eine zentrale Rolle einnehmen. Umso wichtiger ist es, dass die Unternehmen, die Hoheit über ihre Daten behalten. Für die wirtschaftliche Zukunft ist ein sicherer und verlässlicher Zugang zu Informationen von elementarer Bedeutung.

Die Fraunhofer-Gesellschaft und Partner aus der Wirtschaft gründen mit Unterstützung der Bundesregierung eine Task Force, die gemeinsam das Vorhaben voranbringen soll, einen international offenen Datenraum für die Wirtschaft zu schaffen – den Industrial Data Space. Zugang und Nutzung sollen für alle Unternehmen offen sein, die sich an die gemeinsamen Standards halten. Ziel ist es, sichere Lösungen für die alles durchdringende Digitalisierung und den damit einhergehenden rasanten Wandel von industriellen Produktions- und Geschäftsprozessen zu entwickeln.

Die Digitalisierung bietet große Chancen, stellt die Unternehmen aber auch vor neue Herausforderungen – ein Beispiel ist die Industrie 4.0. Die zunehmende Anbindung von Maschinen, Bauteilen und Co. an das Internet macht die Fertigungs-

systeme von außen angreifbar. Fraunhofer-Forscher bieten mit einem IT-Sicherheitslabor eine Testumgebung, um Attacken zu simulieren und Sicherheitslücken aufzuspüren (Seite 18).

Moderne Informationstechnologien gewinnen auch für die künftige Gestaltung der Städte an Bedeutung. Sie können helfen, die Metropolen smart und lebenswert zu gestalten. Ein aktuelles Beispiel ist das EU-Projekt Triangulum. Dort arbeiten Forscher an wegweisenden Konzepten für nachhaltige Energieversorgung, Mobilität und Informationstechnologie. Das Herzstück bildet dabei eine Informations- und Kommunikationstechnik-Architektur, die Fraunhofer-Experten entwickelten (Seite 26).

In vielen Bereichen eröffnet die zunehmende Digitalisierung auch neue Möglichkeiten – etwa in der Medizin. Fraunhofer-Forscher arbeiten an einer Software, mit der sich Aufnahmen mit dem Endoskop zu einem Panorama zusammenfügen lassen. Diese Technik könnte Ärzten in einigen Jahren die endoskopische Untersuchungen erleichtern (Seite 42).

Damit wir die digitale Zukunft erfolgreich gestalten können, müssen jetzt die Weichen gestellt werden. Fraunhofer arbeitet entscheidend daran mit.

Ihr



08

Titelthema

Leichter fertigen

Im Flugzeug wird zunehmend der leichte Werkstoff Carbon verbaut – wichtige Grundlagen dafür legen Fraunhofer-Forscher.



28

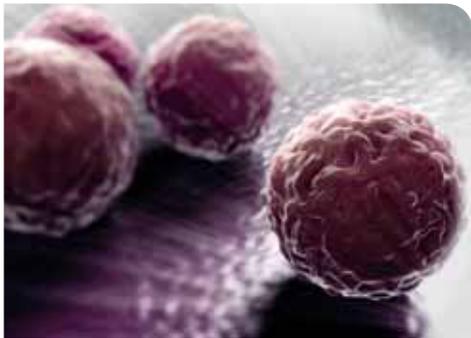
Unermüdlicher Helfer

Der Care-O-Bot hat exzellente Manieren.

40

Sicher zu Hause testen

Chlamydien sind Bakterien, die zu einer Infektion der Harnwege und Geschlechtsorgane führen können.



50

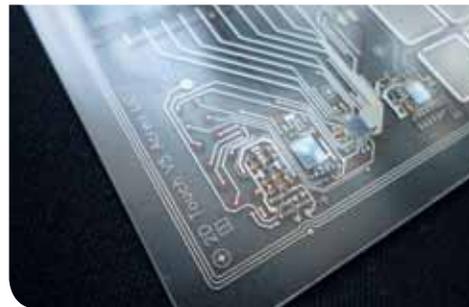
Schnell und dauerhaft laden

PowerCaps vereinen die Vorteile von Batterien und Superkondensatoren.

52

Leuchtende Zukunft

Flexible Displays, leuchtende Wände oder ungewöhnlich gestaltete Rücklichter – OLEDs machen es möglich.



56

Das Ganze denken – von Anfang an

Die Integration der Elektronik in Polycarbonat macht Identitätskarten manipulationsicherer.

Inhalt

06 Spektrum

31 Kompakt

54 Fraunhofer inside

60 Panorama

61 Personalien

61 Impressum

62 Gründerwelt

Titelthema

08 Leichter fertigen

Schlankheitskur für Auto und Co: Neue Werkstoffe und Konstruktionen machen Wagen leichter und energiesparender.

Produktion

14 Verbindung mit Zukunft

Dank neuer Verfahren lassen sich Aluminium und Stahl besser fügen.

Informationstechnologie

16 Die Illusion vom Fahren

Mit dem Fahrsimulator lässt sich das Zusammenspiel zwischen Mensch und Fahrzeug realitätsnah analysieren.

18 Sicher produzieren in der Industrie 4.0

Die digitale Produktion benötigt besondere Schutzmaßnahmen.

20 Software für flinke Transporte

Internethandel, Big Data, Cloud Computing – die Anforderungen an die Logistik steigen.

22 Daten auf Diät

Neue Verfahren ermöglichen es, Informationen effizienter zu speichern.

24 Verschlüsselung für alle

Mit der Kryptographie-App ist das Chiffrieren von Daten kinderleicht.

26 Nachhaltige, smarte Städte

Forscher entwickeln Konzepte für lebenswerte und zukunftsfähige Metropolen.

Roboter

28 Unermüdlicher Helfer

Experten arbeiten an dem Service-Roboter für Zuhause.

Elektromobilität

32 Steckdose ade

Mithilfe des induktiven Ladens können Autos beim Fahren Strom »tanken«.

36 E-Mobile auf dem Prüfstand

Stromer setzen sich nur durch, wenn die Batterien leistungsfähig sind und sicher arbeiten.

Life Sciences

38 Bessere Biopsien

Ein neues Verfahren soll die Gewebeentnahme bei Brustkrebsverdacht künftig erleichtern.

40 Sicher zu Hause testen

Wissenschaftler arbeiten an einem Chlamydien-Selbsttest.

42 Endoskopie mit Panoramablick

Eine neue Software weitet das Sichtfeld bei der Endoskopie zu einem Panorama.

44 Werkzeugbox für Knochen

Mit der Toolbox lassen sich maßgeschneiderte Implantate fertigen.

Energie

46 Solarzellenkontakte aus der Tube

Eine neue Art der Kontaktierung steigert den Wirkungsgrad von Solarzellen.

48 Auf Biegen und Brechen

Forscher prüfen neue Konzepte für die Verankerung von Windrädern im Meeresboden.

50 Schnell und dauerhaft laden

Hybridtechnologien verbinden die Vorteile von Batterien und Supercaps.

Licht

52 Leuchtende Zukunft

Organische Leuchtdioden eröffnen neue Lichtwelten und Designmöglichkeiten.

Mikroelektronik

56 Das Ganze denken – von Anfang an

Elektronische Systeme sollen bereits beim Herstellprozess in Produkte integriert werden.

Weckstoffe

58 Wunderweckstoff Graphen

Dünn und dennoch superhart – Graphen verfügt über ganz besondere Eigenschaften.

Schnell-Check für Getränke

Mit einem neuartigen Polymerpulver können Hersteller nun Bier, Milch, Säfte und Wein künftig einfacher und schneller auf Erreger überprüfen. Diese können Geschmack und Geruch stark beeinträchtigen. Konventionelle mikrobiologische Methoden benötigen für die Analyse fünf bis sieben Tage. Forscher am Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP in Potsdam haben in Zusammenarbeit mit der Firma GEN-IAL aus Troisdorf ein Verfahren entwickelt, das den Zeitaufwand für diese Tests auf zwei bis drei Tage verkürzt.

Der flüssigen Probe wird ein Polymerpulver zugegeben. Dessen funktionalisierte Oberfläche bindet die Bakterien. Die Erreger haften an den 100 bis 200 Mikrometer großen Pulverpartikeln. Diese lassen sich samt den Mikroben in einer eigens entwickelten Anlage leicht ablösen und direkt mit mikrobiologischen Methoden analysieren.

Auch die Anlage, mit der die Oberfläche der Pulverpartikel funktionalisiert wird, kommt aus dem IAP. Sie wird von der Firma GEN-IAL für die Pilotproduktion genutzt.

Die funktionalisierte Oberfläche des Polymerpulvers bindet Bakterien.
© Fraunhofer IAP



Kompostierbares Bio-Plastik

In Deutschland werden jährlich fast drei Millionen Tonnen Kunststoffverpackungen entsorgt. Nicht einmal die Hälfte davon wird wiederverwertet. Der Rest wird verbrannt, deponiert oder landet in der Natur. Bis sich eine Plastikverpackung zersetzt hat, dauert es rund 400 Jahre. Eine Alternative sind Bio-Kunststoffe. Doch deren Eigenschaften reichen bisher meist nicht aus, um empfindlichere Güter zu schützen, und viele sind nicht einmal kompostierbar.

Forscher vom Würzburger Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC arbeiten im EU-Projekt »DibbioPack« an einem bio-abbaubaren Beschichtungsmaterial, das die Eigenschaften von Bio-Kunststoffen an den Einsatz als Verpackungsmaterialien anpasst und damit eine breitere Nutzung ermöglicht.

Das neuartige Beschichtungsmaterial bioORMOCER® lässt sich wie ein Lack auf biologisch abbaubare Folien auftragen und verbessert ihre Eigenschaften, beispielsweise die Barrierewirkung gegen Wasserdampf, Sauerstoff und Aromastoffe. Es eignet sich für Behälter und Folien zur Verpackung von Lebensmitteln, Kosmetika und Pharmazeutika. Das Material kann auch mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet werden und zum Beispiel antibakteriell wirken.

Das Beschichtungsmaterial der Verpackung ist biologisch abbaubar.
© Fraunhofer ISC



Blüten in Umlauf?

Seit einigen Monaten ist der neue Zehn-Euro-Schein im Umlauf. Dank modifizierter Farben, neuer Wasserzeichen und einer Speziallackierung soll er robuster und vor allem noch sicherer vor Fälschungen sein. Doch auch für die neu gedruckten 4,3 Milliarden Banknoten kommt irgendwann der Moment, wo sie nicht mehr den Qualitätsanforderungen der Europäischen Zentralbank genügen und aus dem Verkehr gezogen werden müssen.

Nicht nur Banken oder Bankautomaten prüfen künftig die Scheine, sondern auch Kassen von Supermärkten oder Tankstellen. Hier sollen robuste, automatische, kompakte und kostengünstige Geräte eingesetzt werden, die sicherstellen, dass die Scheine echt und für eine weitere Verwendung geeignet sind. Gemeinsam entwickeln Experten des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden mit Partnern aus sechs Ländern solche Systeme. Im Europäischen Verbundprojektprojekt EUROTHERIC erarbeiten sie ein Modul, das Banknoten beispielsweise an der Kasse automatisch prüft. Falschgeld oder Geldscheine, die zu stark verschlissen sind, werden beim Bezahlen vom System mit Hilfe von bildgebenden Verfahren sofort erkannt und einbehalten.

Falschgeld oder verschlissene Geldscheine werden von automatischen Systemen, die in Supermarktkassen integriert sind, erkannt.
© Arne Dedert/dpa



Rohstoffimporte reduzieren

In Hüttenhalden der Eisen- und Stahlindustrie lagern bisher unbeachtet wertvolle Metalle und Mineralien. Die Rohstoffe, die in Stäuben, Schlämmen, Schlacken und anderen Überbleibseln aus der Stahl- und Eisenindustrie stecken, könnten die Abhängigkeit Deutschlands von Rohstoffimporten senken. Sie sind oft noch ungenutzt, da umfassende Daten über die genauen Wertstoffpotenziale fehlen.

Hier setzt das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF geförderte Verbundprojekt REStrateGIS an – Konzeption und Entwicklung eines Ressourcenkatasters für Hüttenhalden durch Einsatz von Geoinformationstechnologien und Strategieentwicklung zur Wiedergewinnung von Wertstoffen –, das Experten des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT koordinieren.

Die Wissenschaftler erstellen zunächst ein deutschlandweites Kataster über mögliche Rohstoffressourcen in Halden. Dies hilft dabei abschätzen zu können, wo in Deutschland welche Rohstoffe liegen. Weiterhin prüfen die Forscher, unter welchen Bedingungen sich der Abbau der wertvollen Materialien wirtschaftlich lohnt.

Rohstoffe, die in Hüttenhalden lagern, sind häufig noch ungenutzt.
© Fraunhofer UMSICHT





Fraunhofer-Allianz Leichtbau

Um neue Materialien, Fertigungs- und Fügetechnologien sowie Prüfverfahren für den Leichtbau zu entwickeln, haben sich 15 Fraunhofer-Institute in der Allianz Leichtbau zusammengeschlossen. Die Allianz bearbeitet die gesamte Entwicklungskette – von der Werkstoff- und Produktentwicklung über die Serienfertigung bis hin zur Zulassung sowie dem Recycling. Beteiligt sind die Fraunhofer-Institute für

- Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Chemische Technologie ICT
- Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
- Integrierte Schaltungen IIS
- Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut EMI
- Lasertechnik ILT
- Produktionstechnologie IPT
- Silicidforschung ISC
- Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM
- Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
- Keramische Technologien und Systeme IKTS
- Werkstoffmechanik IWM
- Werkstoff- und Strahltechnik IWS
- Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
- Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Leichter fertigen

Runter mit dem Gewicht – das ist ein Weg, den Energiebedarf von Autos, Flugzeugen und Zügen zu senken und so auch den Kohlendioxid-Ausstoß zu reduzieren. Leichtbau gilt als eine Schlüsseltechnologie, um Ressourcen effizienter einzusetzen und hochwertige Produkte fertigen zu können.

Text: Birgit Niesing

Einparkhilfe, Airbags, Antiblockiersystem, Sitzheizung – Autos werden immer komfortabler und sicherer, aber auch schwerer. Die beliebten Sport Utility Vehicles, kurz SUV genannt, bringen schon mal zwei Tonnen und mehr auf die Waage. Aber auch Klein- und Mittelklassewagen wiegen meist mehr als 1,2 Tonnen. Doch nun heißt es Abspecken: Denn von 2020 an gelten in Europa strengere Grenzwerte für die Kohlendioxid-Emissionen von Fahrzeugen. Dann sollen neue Autos im Schnitt nur noch maximal 95 Gramm CO₂ pro Kilometer ausstoßen – derzeit sind es noch 130 Gramm.

Um diese Vorgaben zu erfüllen, müssen die Wagen leichter werden: Wiegt ein Auto 100 Kilogramm weniger, reduziert sich der Spritbedarf um 0,4 Liter pro 100 Kilometer und die Kohlendioxid-Emissionen sinken um bis zu zehn Gramm. Eine Möglichkeit Gewicht zu sparen, bietet die Karosserie. Noch setzen Autobauer hier vor allem auf den Werkstoff Stahl. Dass dies sich ändern wird, ist das Ergebnis der Studie »Karosserieleichtbau – Raus aus der Nische« der Unternehmensberatung Berylls Strategy Advisors. Künftig werden verstärkt Leichtbaumaterialien wie hochfester Stahl, Aluminium, Magnesium oder Verbundwerkstoffe verbaut. Der weltweite Markt für den Karosserieleichtbau wächst bis 2025 um durchschnittlich 15 Prozent pro Jahr auf 100 Milliarden Euro. Interessant ist der Leichtbau nicht

nur für Autobauer. Auch Hersteller von Flugzeugen, Zügen, Windkraftanlagen, Maschinen und Anlagen wollen das Gewicht ihrer Produkte senken. Die McKinsey-Studie »Lightweight, heavy impact« prognostiziert, dass der weltweite Markt für Leichtbaumaterialien jährlich um acht Prozent wachsen wird auf mehr als 300 Milliarden Euro in 2030.

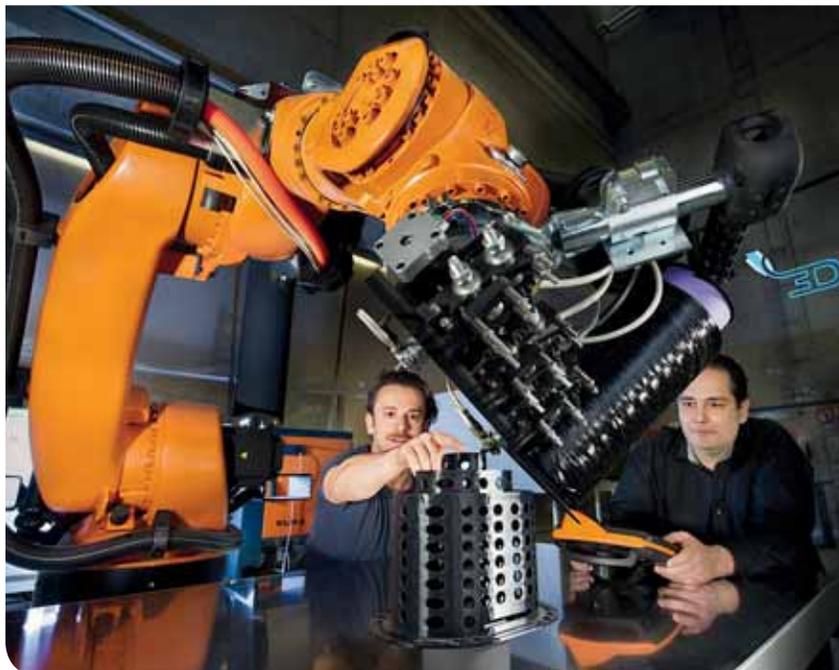
»In Zeiten knapper werdender Ressourcen und eines steigenden Umweltbewusstseins gehört der Leichtbau zu den Schlüsseltechnologien«, betont Professor Andreas Büter, Sprecher der Fraunhofer-Allianz Leichtbau (siehe Kasten). Doch während Ingenieure im Umgang mit Stahl über langjährige Erfahrungen verfügen, steht das Fertigen mit Leichtmetallen, Metallschäumen und Verbundwerkstoffen erst am Anfang. Hier gibt es noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf. »Es gilt einen wirtschaftlichen Kompromiss zu finden zwischen Gewichtsreduzierung auf der einen Seite und hinreichender Steifigkeit, Stabilität und Betriebsfestigkeit auf der anderen Seite«, sagt Büter. »Die Herausforderung ist, das richtige Material am richtigen Platz zu verwenden.

Besonders leicht und dennoch stabil sind Faserverbundkunststoffe FVK, bei denen Fasern aus Glas, Kohlenstoff oder anderen Materialien in eine Kunststoffmatrix eingebettet werden. Je nach Anforderung können die Fasern in mehreren

Carbon macht Flugzeuge leichter. © Airbus



Der »3D Fibre Printer« des Fraunhofer IPA ermöglicht generative Fertigung thermoplastischer Kunststoffteile mit integrierter Endlos-Karbonfaser.
© Wolfram Scheible



Das erste in Großserie gebaute Auto mit Carbon-Fahrgastzelle bei BMW.
© bimmertoday.de

Lagen mit unterschiedlicher Ausrichtung übereinandergelagert werden. So lassen sich die Eigenschaften des Bauteils optimal für den jeweiligen Einsatzort maßschneidern. Großes Potenzial für den Leichtbau haben kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe, kurz CFK. CFK-Komponenten, umgangssprachlich auch als Carbon-Bauteile bezeichnet, sind häufig nur etwa halb so schwer wie Stahlbauteile und dennoch genauso crashsicher. Die Formel 1 setzt schon seit Jahren auf den ultraleichten Werkstoff. Und auch bei Verkehrsflugzeugen lösen CFK langsam den Werkstoff Metall ab. So macht das Material bei den neuen Maschinen Boeing 787 und Airbus A350 schon zu mehr als die Hälfte ihres Gewichts aus. Anders ist es im Autobau. In Serienwagen kommt der leichte Werkstoff selten zum Einsatz. Die Gründe: Noch sind CFK-Bauteile deutlich teurer als die gleichen Komponenten aus Stahl. Zudem ist die Fertigung aufwändig. Dennoch beginnen auch erste Autohersteller, Carbonfaser zu nutzen: Einige Premiumfahrzeuge enthalten schon CFK-Bauteile und im Elektroauto BMW i3 ist die Fahrgastzelle aus Carbon gefertigt.

Fraunhofer-Forscher arbeiten daran, dass künftig noch weitere Fahrzeugkomponenten aus diesen Materialien in Serie hergestellt werden können. Experten aus dem Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt entwickelten einen Querlenker aus Kohlenstofffasern. Das Bauteil ist 35 Prozent leichter als ein aus Stahl gefertigter Querlenker. Um die auf die Komponente wirkenden Kräfte gezielt abzufangen, sind die verstärkenden Fasern in Lastrichtung ausgelegt. Integrierte piezoelektrische Wandler verhindern, dass das Leichtbauteil in Schwingungen gerät. Die Forscher planen schon weiter: Mit faseroptischen Sensoren und einem Lichtleiterkabel wollen sie den Querträger kontinuierlich überwachen. Eingebaut in ein Fahrzeug erlaubt dieser »Mess-Querlenker« es, alle im Betrieb auftretenden Lasten zu erfassen und mit den Auslegungsdaten zu vergleichen. Bei betriebsfester Auslegung mit abgesicherten Lastdaten lässt sich das Gewicht einer Komponente so um bis zu 40 Prozent reduzieren. Ein solches »Loadmonitoring System« ermöglicht es darüber hinaus auch über eine Online-Lebensdauerabschätzung den Fahrer auf potenzielle Betriebsschäden hinzuweisen und damit ein rechtzeitiges Austauschen kritischer Bauteile sicherzustellen.

»Innovative Leichtbaulösungen können mehr als nur das Gewicht senken«, weiß Professor Frank Henning vom Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal bei Karlsruhe. Der Experte leitet den Lehrstuhl für Leichtbautechnologie am Institut für Fahrzeugsystemtechnik am Karlsruhe Institut für Technologie KIT und die Abteilung Polymer Engineering am ICT. »Dank neuer Fertigungsverfahren lassen sich sogar komplexe Bauteile komplett in einem Stück herstellen, die verschiedene Funktionen in sich vereinen«, schwärmt Henning. ICT-Forscher kombinierten zwei Produktionstechniken, um einen crashrelevanten Pkw-Sitzquerträger samt Kabeldurchbrüchen und integrierter Sitzanbindungen aus Faserverbundwerkstoffen serientauglich zu fertigen.

Das Bauteil lässt sich in weniger als vier Minuten herstellen. Zunächst wird ein Rohling aus Fasern geflochten. »Mit Flechttechnik hergestellte Strukturen nehmen viel Energie auf und gewährleisten eine enorme Schadenstoleranz«, erläutert Michael Karcher, Projektleiter am ICT. Weiterer Vorteil: Das hochautomatisierte robotergestützte Verfahren liefert reproduzierbare Bauteile und kaum Verschnitt. Der Flechtrohling wird dann mit Harz gefüllt und unter Wärme und Druck in einer Presse ausgehärtet. »Diese Hochdruck-RTM (Resin Transfer Molding)-Technologie eignet sich für die Produktion von großen und komplexen Bauteilgeometrien in Serie. Die fertigen Komponenten haben eine gute Oberflächenqualität, einen geringen Lunker- und Porengehalt und verfügen über ausgezeichnete Material- und Bauteileigenschaften«, betont Karcher. Die Leichtbau-Pkw-Sitzquerträger entwickelten die ICT-Wissenschaftler gemeinsam mit Partnern aus Forschung und Industrie in dem Technologie-Cluster Composites Baden-Württemberg (TC²). Ebenfalls mit dabei waren die Fraunhofer-Institute für Kurzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI und für Produktionstechnik und Automatisierung IPA.

Carbon-verstärkte Bauteile aus dem Drucker

Für die ressourceneffiziente Produktion komplexer Bauteile ist ein Verfahren besonders gut geeignet: die generative Fertigung. Dabei werden Bauteile anhand von Datenmodellen direkt, aus Pulver, Flüssigkeiten oder Strangmaterial Schicht für Schicht aufgebaut. Für die Fertigung metallischer Bauteile entwickelten Experten des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT in Aachen bereits vor Jahren das generative Laserverfahren Selective Laser Melting (SLM). Es erlaubt die Herstellung komplexer Bauteile, die wesentlich leichter sind als Standardmetallbauteile und beispielsweise mit einer bionischen Struktur versehen sind, die sich mit herkömmlichen Verfahren nicht fertigen lassen. Aber auch Kunststoffkomponenten können mit generativen Techniken hergestellt werden. Allerdings ist die Werkstoffauswahl für das Selektive Lasersintern noch eingeschränkt. Experten von Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT in Oberhausen arbeiten an neuen Materialien.

Aber eignen sich auch Carbonfasern für die generative Fertigung? Wissenschaftler des IPA in Stuttgart entwickelten einen »3D Fibre Printer«, mit dem man thermoplastische Bauteile aus Faserkunststoffverbund schnell, hochwertig und kostengünstig aufbauend herstellen kann. Mithilfe einer speziellen Printdüse werden die Carbon-Fasern direkt beim Drucken in den geschmolzenen Kunststoff eingebracht – und zwar endlos und nur dort, wo benötigt.

Künftig können sogar Motoren leichter werden. Gemeinsam mit dem Unternehmen SBHPP arbeiten Forscher der Projektgruppe Neue Antriebssysteme des ICT und des Fraunhofer-Instituts für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg an einem Forschungsmotor mit einem Zylindergehäuse in Faserverbundbauweise. Damit lässt sich das Gewicht um bis

Carbon-Fasern. © Bernd Müller

Roboter-gesteuerte zerstörungsfreie Ultraschallprüfung an CFK-Bauteil (Bild rechts). © Andreas Schlichter



zu 20 Prozent reduzieren. Weiterer Vorteil: Das Bauteil kann man kostengünstig im Spritzguss fertigen. Auf der Hannover Messe 2015 stellen die Experten ihre Ergebnisse vor.

Fertigen in Serie

Trotz aller Vorzüge – noch sind komplexe Bauteile aus faserverstärkten Kunststoffen bei Serienprodukten selten im Einsatz. Ein wesentlicher Grund: Oft sind die Fertigungskosten zu hoch. Das soll sich ändern. Fraunhofer-Forscher arbeiten an neuen Herstellungsverfahren, die sich auch für Großserien eignen. Ein Beispiel ist das EU-Projekt »Integrative Prozesskette für die automatisierte und flexible Produktion von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen (FibreChain)« Projektpartner aus 18 europäischen Ländern – darunter das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT (Koordinator) und das ILT – entwickelten hierfür neue Anlagentechniken und Werkzeuge, um hochleistungsfähige und recycelbare Leichtbaukomponenten aus endlosfaserverstärkten Thermoplasten in Serie herstellen zu können.

Fraunhofer-Forscher arbeiten noch an weiteren Ansätzen, um Faserverbund-Bauteile automatisiert zu produzieren. So treiben Ingenieure des IPT die Entwicklung des laserunterstützten »Tape-Legen« voran. Dabei werden faserverstärkte Kunststoffbänder, auch Tapes genannt, mit dem Laser angeschmolzen und dann zu einer kompakten Struktur geformt. Um das Verfahren auch für kleine und mittelständische Unternehmen interessant zu machen, entwickelten die Forscher einen neuartigen Tapelegekopf, den MMH. Damit lassen sich verschiedene Fasermaterialien wie Glas- und Kohlenstofffasern sowie unterschiedliche Matrixmaterialien in derselben Anlage laserunterstützt oder mit anderen Heizquellen verarbeiten. Für diese Entwicklung erhielten die Experten des IPT gemeinsam mit ihren Kollegen von der Firma AFPT (Advanced Fibre Placement Technology), einem Hersteller von Tapelegeköpfen, den »JEC Europe Innovation Award 2014«.

Sollen sich Leichtbau-Komponenten künftig auf dem Markt durchsetzen, müssen sie sich nicht nur kostengünstig in Serie fertigen lassen, sondern auch sicher und zuverlässig funktionieren. Fraunhofer-Wissenschaftler erarbeiten daher Berechnungen, mit denen sich die Schadenstoleranz der Materialien ermitteln lässt, und analysieren mit speziellen Verfahren die Beständigkeit der Bauteile gegenüber den starken mechanischen und thermischen Wechselbelastungen im täglichen Einsatz. Mit dem »MultiTester« vom LBF, einem neuartigen Innendruckprüfkörper, lässt sich zum Beispiel untersuchen, wie unverstärkter und verstärkter Kunststoff auf Beanspruchung reagieren. Dazu werden verschiedenste brennbare und nicht brennbare Flüssigkeiten wie Öle, Treibstoffe, Säuren oder Laugen in den Prüfkörper eingeleitet und Druck von innen aufgebaut. An den besonders stark beanspruchten Bereichen entsteht ein mehraxialer Belastungszustand, wie er auch bei Leichtbaustruktur-Komponenten vorkommt. Das Material wird aus allen Raumrichtungen beansprucht. Messsysteme erfassen unter anderem, wie sich das Bauteil verformt. Mithilfe von Berechnungen können die Forscher die Betriebsfestigkeit für Innendruckbelastung abschätzen und auf andere Strukturkomponenten übertragen.

Um die Qualität von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen FVK zu prüfen, nutzen die Experten bisher Ultraschallverfahren. Forscher des Fraunhofer-Instituts für zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP entwickelten das System weiter. Mit der Sampling-Phased-Array-Technologie (SPA) lassen sich sogar komplexe Faserverbundbauteile schnell und zuverlässig auf mögliche Fehler untersuchen. Zunächst tastet der robotergesteuerte Ultraschallsensorkopf die Komponenten ab. Die aus den Ultraschallsignalen erzeugten Volumendaten können anschließend mithilfe von speziell entwickelten Algorithmen weitgehend automatisch ausgewertet werden.

Eine weitere Herausforderung für den Leichtbau: Die Komponenten und Materialien sollen nicht nur helfen, während



Carbon- und Hanffaserverstärktes Bauteil – Karosserie aus Baumwolle, Hanf und Holz. © Lingnau, Manuela

Blue Train: Dank innovativem Aluminiumschaum konnte eine Gewichtseinsparung von 20 Prozent gegenüber konventionell gefertigten Triebkopfschalen erreicht werden. Zudem sinken die Werkzeugkosten um 60 Prozent. © Fraunhofer IWU



des Betriebs Energie zu sparen, sondern sich nach dem Gebrauch auch wiederverwerten lassen. »Innovativer Leichtbau muss über den gesamten Lebenszyklus betrachtet werden – von der Auslegung über die Fertigung, Erprobung und den Einsatz bis zum Recycling«, betont Prof. Büter. Wie sich zum Beispiel Faserverbundkunststoffe FVK umweltfreundlicher gestalten lassen, zeigen Forscher des Anwendungszentrums für Holzfaserverbundstoffe HOFZET des Fraunhofer-Instituts für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI in Braunschweig. Sie kombinieren Kohlenstofffasern mit verschiedenen biobasierten Textilfasern aus Hanf, Flachs, Baumwolle oder Holz. Das Ergebnis: Die Bauteile sind kostengünstig, haben eine sehr hohe Festigkeit, gute akustische Eigenschaften und sind deutlich ökologischer als reine Carbon-Bauteile.

Leichtmetalle und Metallschäume

Faserverbundwerkstoffe sind Leichtbaumaterialien mit Perspektive. Aber auch das Potenzial von Metallen ist noch nicht ausgereizt. Hochfeste Stähle, Aluminium und Magnesium helfen, das Gewicht von Wagen und Co. deutlich zu reduzieren. Künftig werden vor allem Autobauer verstärkt auf hochfesten Stahl setzen. Die Berylls-Studie prognostiziert, dass ihr Marktanteil bis 2025 auf 45 Prozent steigt. Doch dazu werden auch neue Fügetechniken benötigt – der Werkstoff ist für mechanische Verfahren wie Clinchen oder Stanznieten zu hart. In dem vom BMBF geförderten Verbundvorhaben »Klasse« arbeiten Experten des ILT an einem Kombinationsverfahren zum Laserschneiden und zur lokalen Laserentfestigung von Bauteilen aus hochfesten pressgehärteten Stählen. Aber auch Leichtmetalle können Herstellern helfen, das Gewicht ihrer Produkte zu reduzieren. Ein Beispiel ist eine Rücksitzlehne aus Magnesium, die Forscher des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU entwickelten. Die Komponente bringt 48 Prozent weniger Gewicht auf die Waage als herkömmlich gefertigte Rücksitzlehnen. Neue Möglichkeiten eröffnen Metallschäu-

me, aus denen man leichte und stabile Komponenten herstellen kann. Sie haben eine ähnliche Struktur wie Knochen. Ein Pionier bei der Entwicklung der geschäumten Metalle ist das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen. Heute arbeiten viele Gruppen – darunter auch das IWU – an den luftigen Materialien. Meist werden die Metallschäume als Sandwich angeboten – mit einem Schaumkern zwischen zwei massiven Deckblechen. Solche Strukturen sind nicht nur leichter als massive Bleche, sondern haben auch eine höhere Biegefestigkeit. Wie sich mit dem Werkstoff Gewicht einsparen lässt, zeigen Forscher des IWU gemeinsam mit Voith Engineering Services in dem Projekt »Blue Train« an einem Leichtbau- und Fertigungskonzept für einen Schnellzug. Dort setzen sie Aluminiumschaum als einen wesentlichen Werkstoff für den Triebkopf ein. »So können wir eine Gewichtseinsparung von 20 Prozent gegenüber der konventionellen Fertigung aus Glasfaserverbundmaterial oder Aluminium erzielen – bei gleicher Steifigkeit«, erklärt Dr. Thomas Hipke, Abteilungsleiter Funktionsintegrierter Leichtbau am IWU.

In neuen Produkten kommen künftig immer mehr unterschiedliche Materialien zum Einsatz. Um Bauteile aus Faserverbundwerkstoffen, Leichtmetallen oder Metallschäumen miteinander hoch belastbar zu verbinden, werden optimierte und gleichzeitig wirtschaftliche Fügeverfahren gebraucht. Daran arbeiten unter anderem die Klebtechnologie-Experten des IFAM in Bremen. An Bedeutung gewinnen aber auch neue Laserverfahren, wie sie Forscher des ILT, IPT und des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden entwickeln (siehe auch Seite 14).

Fraunhofer-Forscher legen wichtige Grundlagen, damit Wagen, Flugzeug-, Maschinen- und Anlagen künftig weniger Energie verbrauchen. Sie helfen den Leichtbau fit für die Serienfertigung zu machen. ■

Verbindung mit Zukunft

Aluminium und Stahl lassen sich bisher nur schwer miteinander verbinden. Zwei neue Verfahren ermöglichen nun, die beiden Metalle zu fügen.

Text: Katja Lüers

Manchmal muss eben doch ein bisschen nachgeholfen werden, damit es mit einer zuverlässigen Verbindung klappt: Aluminium und Stahl beispielsweise lassen sich nur schwer von einer dauerhaften Beziehung überzeugen. Dabei ist gerade dieser Materialmix für den Leichtbau von größtem Interesse – insbesondere für die Automobilindustrie, in der das Leichtmetall Aluminium hoch im Kurs steht. Doch ganz ohne Stahl kommt der Karosseriebau nicht aus. Kombinationen aus beiden Werkstoffen sind also notwendig und werden immer häufiger eingesetzt. Probleme bereiten allerdings die Verbindungszonen. Denn bislang werden die beiden Materialien entweder genietet beziehungsweise geclincht oder miteinander verklebt. Diese Verfahren erfordern jedoch, dass sich die Bauteile über eine gewisse Fläche überlappen. Besser ist es, die Metalle stoffschlüssig zu fügen: So ließe sich nicht nur die Materialüberlappung reduzieren oder sogar vermeiden, sondern auch eine höhere Verbindungsfestigkeit garantieren.

Allerdings ist das direkte Fügen von Stahl und Aluminium alles andere als einfach. Um die Metalle zusammenfügen zu können, muss zunächst die stabile Oxidschicht des Aluminiums aufgebrochen werden. Das gelingt entweder mit extrem viel Wärme oder durch den Einsatz von

chemischen Flussmitteln. Doch beide Ansätze haben Nachteile: Bei zu hohen Temperaturen bildet sich eine intermetallische Phase, die zwar hart ist, aber auch spröde. Das heißt, die Verbindung ist nicht belastbar. Konventionelle thermische Fügeverfahren wie etwa das Schweißen eignen sich deshalb nicht. Chemische Flussmittel hingegen sind oft gesundheits- oder umweltschädlich und beeinflussen unter Umständen die Oberflächenqualität des Bauteils.

Nahtoberfläche mit einwandfreier Qualität

Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden und vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen haben das Dilemma gelöst und zwei unterschiedliche Methoden mit verschiedenen Anwendungsschwerpunkten entwickelt. Die Forscher vom IPT um Sascha Frank arbeiten mit einem zweistrahligen Laserverfahren, das feste, qualitativ hochwertige Verbindungen zwischen Stahl und Aluminium herstellt. Dabei kombinieren sie einen gepulsten mit einem kontinuierlichen Laserstrahl.

Ähnlich wie beim klassischen Laserlötprozess erwärmt der kontinuierliche Lichtstrahl zunächst beide Werkstoffe. Dann zerstört der zweite gepulste Laser die dichte, hitzebeständige Oxidschicht des Aluminiums. So ist es möglich, das Metall durch Zusatzwerkstoffe wie Aluminium- oder Zinklegierungen zu benetzen. »Auf diese Weise gelingt es, das Aluminium bei besonders geringer Temperatur schnell und ohne umweltschädliche Flussmittel mit dem Stahl zu verbinden«, erklärt Frank.

Die Technologie eignet sich besonders gut, um Bleche zu fügen, bei denen es auf eine hohe Qualität der Nahtoberfläche, starke Festigkeit und einen minimalen Aufwand bei der Nachbearbeitung ankommt. »In einem lackierten Auto beispielsweise lassen sich die Schweißnähte nicht mehr erkennen«, sagt Frank. Für die Entwicklung erhielt der Wissenschaftler im September 2014 den »Erlangen Innovation

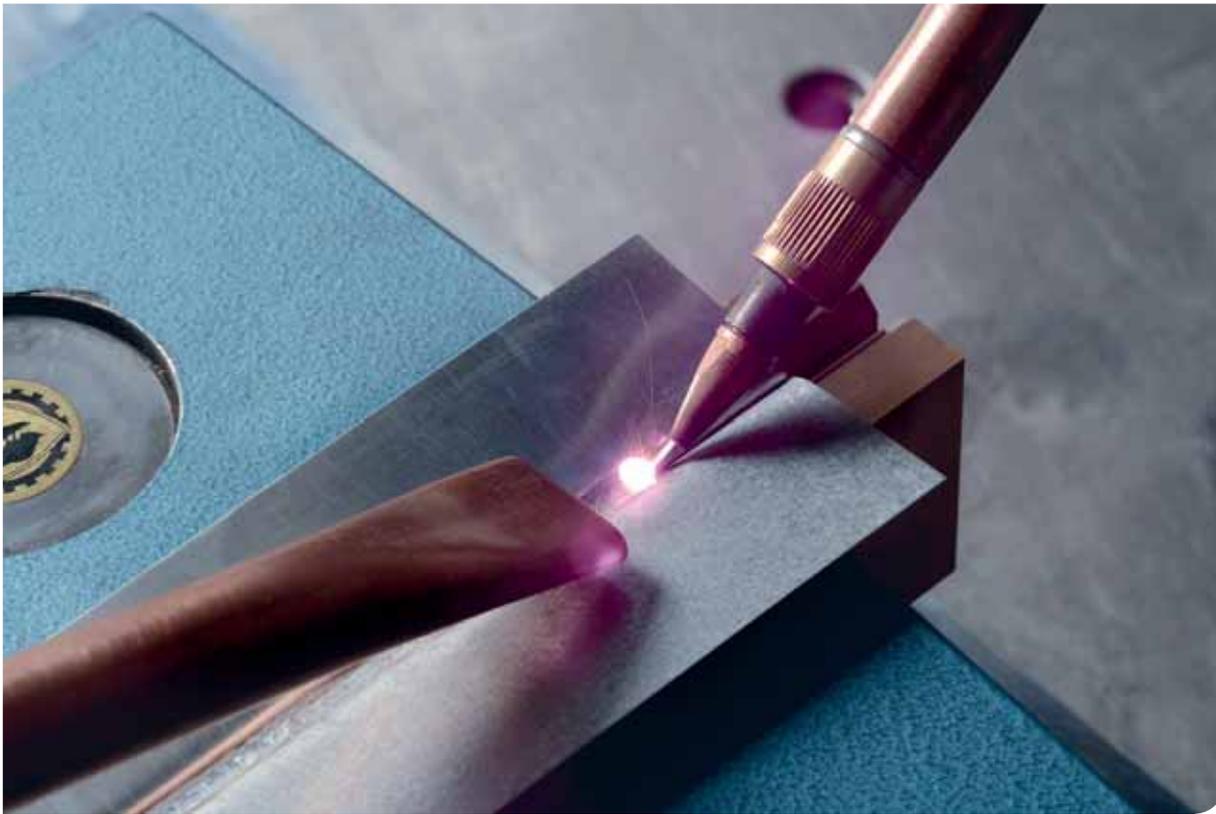
Award Optical Technologies«, der alle zwei Jahre vom Förder- und Freundeskreis für den Ausbau der Lasertechnologie an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg vergeben wird.

Bimetallband als Bindeglied

Die Kollegen vom IWS in Dresden haben einen anderen Weg gefunden, um Stahl und Aluminium zu fügen. Schlüssel zum Erfolg ist ein zweistufiger Fertigungsprozess: Zunächst wird ein Bimetallband hergestellt, auf das man dann in einem zweiten Schritt die Aluminium- oder Stahlplatte anschweißt. »Wir können auf diese Weise Verbindungen erzeugen, die hervorragende mechanische Eigenschaften aufweisen«, sagt Dr. Axel Jahn, Gruppenleiter Bauteilauslegung.

Um das Bimetallband herzustellen, erwärmen die Forscher induktiv die beiden Ausgangsmaterialien. Mit einem speziell geformten Laserstrahl werden sie partiell auf Füge­temperatur gebracht und dann durch Walzplattieren flächig miteinander verbunden. »Dabei entsteht eine sehr feste Fügezone, die nahezu frei von spröden intermetallischen Phasen ist«, erläutert Jahn. Anschließend schweißen die Forscher das Stahlblech an die Stahlseite des Bimetallbands an und das Aluminiumblech an die Leichtmetallfläche. »Wir können sogar Stumpf­stöße erzeugen, wie sie beispielsweise für Tailored-Blanks erforderlich sind«, erklärt Jahn. Mit der neuen Technologie lassen sich Alu-Stahl-Hybridplattinen fertigen, die ohne zusätzliche Aufwendungen umgeformt werden können. Weiterer Vorteil: Das Bauteil wiegt weniger und ist trotzdem crashsicher. »Man spart Gewicht, doch die Belastbarkeit bleibt aufgrund der hervorragenden mechanischen Eigenschaften unverändert«, resümiert Jahn.

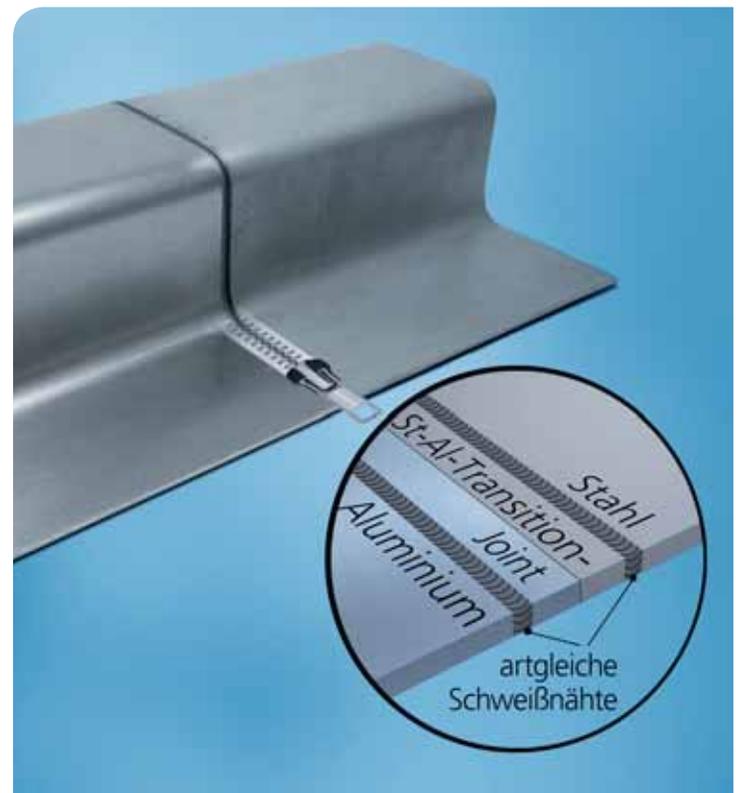
Sowohl in Aachen als auch in Dresden arbeiten die Fraunhofer-Wissenschaftler mit Industriepartnern nun an einem serienreifen Einsatz der Technologien. Für die Leichtbauindustrie bedeutet das: Stahl und Aluminium sind ab sofort unzertrennlich. ■



Das Fraunhofer IPT hat ein zweistrahliges Laserverfahren entwickelt, ...
© Fraunhofer IPT



... das feste, qualitativ hochwertige Verbindungen zwischen Stahl und Aluminium herstellt. © Fraunhofer IPT



Die gebogene Platine in Stahl-Aluminium-Mischbauweise wurde mittels Transition Joint gefügt. © Fraunhofer IWS

Die Illusion vom Fahren

Simulationen sind in der Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie ein wichtiges Entwicklungswerkzeug. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, muss auch der Faktor Mensch berücksichtigt werden. Forscher haben einen interaktiven Fahrsimulator entwickelt, mit dem sich auch das Zusammenspiel zwischen Mensch und Fahrzeug realitätsnah analysieren lässt.

Text: Klaus Jacob

Einmal Bagger fahren! Viele kleine – und große – Jungs träumen davon. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern können diesen Traum erfüllen, im Dienst der Wissenschaft und ganz ohne Risiko. In einem der Labore des Instituts hat Gruppenleiter Michael Kleer mit einem interdisziplinären Team aus Ingenieuren, Mathematikern, Informatikern und Psychologen einen Simulator aufgebaut. Die Anlage ist momentan mit einer Radbaggerkabine ausgestattet, in der die Testperson wie gewohnt Joysticks, Gas oder Bremse bedienen kann. Hinter den Scheiben ist eine virtuelle Großbaustelle zu sehen, die auf die Innenfläche einer großen Kuppel projiziert wird. Über die beiden Joysticks lässt sich ein simulierter Bagger bedienen: Die schwere Schaufel greift in den Sand und ein Rütteln geht durch die Kabine.

Fliegen und Fahren nachahmen

Simulatoren gibt es schon seit mehr als hundert Jahren. Um 1910 konnten angehende Flugzeugpiloten in einfachen Cockpit-Nachbildungen Erfahrungen sammeln. Außen standen Helfer, die auf Befehl die Box anhoben oder schüttelten. Später entstanden Kabinen auf sechs Beinen, die sich mit Motorkraft in alle Richtungen bewegen ließen – noch heute die Standardlösung. Sie haben sogar den Sprung in die Fun-Sparte geschafft: Auf Jahrmärkten oder in Vergnügungsparks





kann man sich darin durchschütteln lassen. Der ITWM-Simulator unterscheidet sich jedoch von den herkömmlichen Systemen grundlegend: Die Fahrerkabine steht nicht auf sechs Beinen, sondern ist mit einem Robotersystem verbunden. Dank dieser Konstruktion lassen sich sogar Vollbremsungen oder Fahrten durch enge Kurven gefühlsecht nachahmen. »Mit unserem Roboter haben wir dabei einen viel größeren Bewegungsspielraum als mit heute üblicherweise eingesetzten parallelen Kinematiken«, so Projektleiter Michael Kleer. Noch sind solche robotergestützten Geräte selten. »Weltweit gibt es davon nur eine Handvoll«, sagt Kleer.

Exzellente Simulation

Das System in Kaiserslautern zeichnet sich durch eine weitere Besonderheit aus: Das Bewegungssystem ist äußerst kräftig und kann Kabinen bis zu einer Tonne tragen. Das genügt, um eine echte Baggerkabine anschrauben zu können. Auch einen Traktor können die Kaiserslauterer lebensnah simulieren. Innerhalb von vier Stunden lässt sich das entsprechende Cockpit aufsetzen und die Simulationssoftware auswechseln. Noch in diesem Jahr wollen die Wissenschaftler sogar Fahrten in Personenwagen simulieren. Damit echtes Auto-Feeling aufkommt, schickt das Institut ein eigenes Messfahrzeug durch ausgewählte Straßenzüge. Dessen Sensoren erfassen optisch Fahrbahn, Umgebung und Straßenoberfläche, sodass in der virtuellen Realität eine realitätsnahe Kulisse geschaffen werden kann.

Damit die Testperson sich authentisch verhält, muss sie das Gefühl haben, sich tatsächlich in einem fahrenden Auto zu befinden. Passen die Bewegungen des Simulators dabei nicht mit den visuellen Eindrücken zusammen, beeinflusst das die Reaktion und es kann sogar zu Symptomen wie Schwindel und Übelkeit kommen: Die Simulatorkrankheit wird wie die Reise- oder Seekrankheit durch widersprüchliche Sinneswahrnehmungen ausgelöst. Um solche unangenehmen Begleiterscheinungen zu verhindern, entwickeln die Fraunhofer-Experten zusammen mit Kognitionsforschern neue Motion-Cueing-Algorithmen, welche die Steuersignale für den Simulator generieren.

Für seine Doktorarbeit konzipierte Kleer den »Robot based driving and operation simulator«, kurz »RODOS« genannt. »Da gerade ein Erweiterungsbau für das Institut anstand,

konnte der Simulator sehr gut in den Neubau integriert werden«, berichtet der Wissenschaftler. Die kugelförmige Projektionsfläche für die Optik nimmt viel Platz in Anspruch. Sie hat einen Durchmesser von zehn Metern – groß genug, dass sich das Auge gut täuschen lässt. Wäre der Abstand zur Projektion zu klein, würden die Pupillen unwillkürlich auf Nähe fokussieren. Da die Bilder aber größere Entfernungen suggerieren, geriete das Gehirn in ein Dilemma – und die Illusion wäre dahin. 18 Projektoren erzeugen in dem Rund eine taghelle Landschaft, die dank 120-Hertz-Technologie stets störungsfrei zu sehen ist. Architektonischer Clou: Der obere Teil der Projektions-Kugel durchbricht die Decke zum Erdgeschoss und wirkt im weiten Atrium darüber als Blickfang.

Assistenzsysteme testen

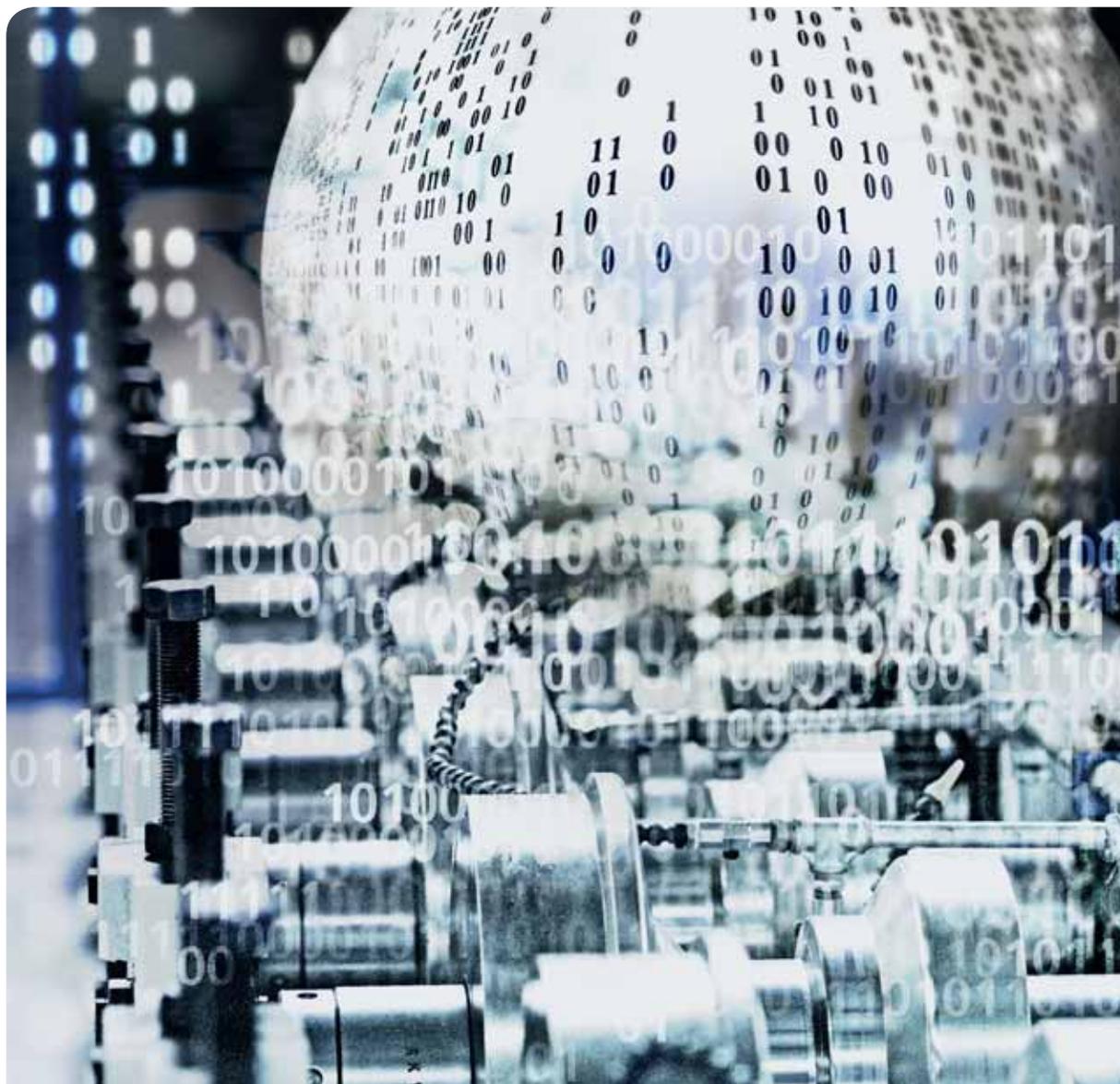
Wozu braucht man einen solch aufwändigen Apparat? »Er kann bei der Entwicklung und beim Test neuer Fahrzeugmodelle oder Assistenzsysteme wertvolle Hilfe leisten. Denn dabei spielt das Verhalten des Fahrers eine entscheidende Rolle. Die ausgefeiltesten technischen Errungenschaften stoßen an ihre Grenzen, wenn sie den Fahrer zu falscher Bedienung verleiten«, erläutert Kleer. Im Simulator kann man zum Beispiel vorab testen, wie eine Armatur aussehen muss, damit sie zum sparsamen Fahren animiert. Oder wie ein Einparkassistent arbeiten sollte: Wie schnell darf das Auto dabei fahren und wie nah am Nachbarauto manövrieren, damit der Fahrer nicht unwillkürlich ins Lenkrad greift?

Auch die Zukunft lässt sich durchspielen, etwa Situationen im automatisiert fahrenden Auto: Was passiert, wenn der Mensch das Steuer wieder übernimmt? Bagger-Hersteller untersuchen, wie eine Fahrhilfe aussehen muss, damit sie Anfängern eine Unterstützung bietet, aber alte Hasen, die lieber nach Gefühl agieren, nicht stört. Die Antworten liefert der Simulator, indem eine repräsentative Auswahl von Fahrern die jeweiligen Manöver ausführt. Natürlich könnte man für diese Tests auch den Prototyp eines Fahrzeugs oder einer Applikation nehmen. Doch das ist nicht nur teurer und gefährlicher, sondern auch langwieriger. »Was wir hier im Simulator in zwei Stunden testen können, würde mit einem Prototyp ein Vielfaches an Zeit und Aufwand in Anspruch nehmen«, berichtet Patrick Schuhmacher von Volvo CE. Der Baumaschinenhersteller nutzt die Simulationsanlage am ITWM.

Der Fahrer muss das Gefühl haben, in einem echten Fahrzeug zu sitzen, damit die Untersuchungen keine falschen Ergebnisse liefern. In Kaiserslautern arbeiten eigens Psychologen mit, um herauszufinden, wie man die Illusion perfektionieren kann. Sie sorgen auch dafür, dass niemand seekrank wird. Gestandene Baggerfahrer, die mit dem ITWM-Simulator arbeiten, sind jedenfalls von dem Eindruck überzeugt. Ihre Einschätzung: »80 Prozent Realität.« ■

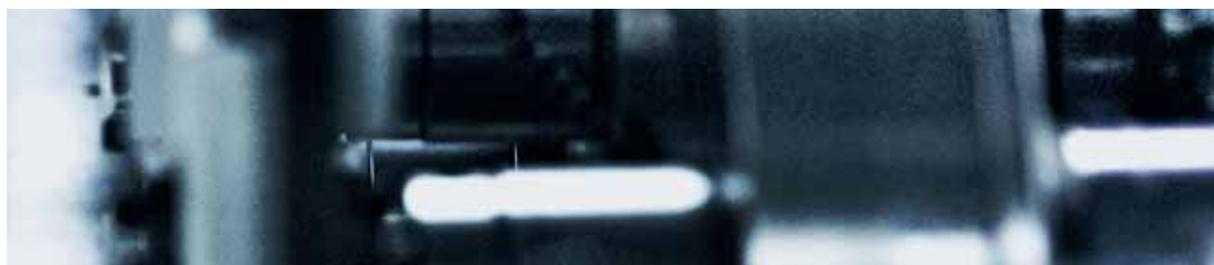
Fahrsimulatoren sind ein wichtiges Instrument für die Entwicklung neuer Assistenzsysteme im Auto. In dem Simulator am Fraunhofer ITWM lassen sich sogar Fahrten mit einem Bagger nachstellen.

© Fraunhofer ITWM



Das Internet und moderne Technologien prägen zunehmend die produzierende Industrie. Die Digitalisierung der Fertigung birgt aber auch neue Gefahren. Industrie 4.0-Netze benötigen besonderen Schutz.
© Fraunhofer IOSB

Sicher produzieren in der Industrie 4.0



Produktionsanlagen und Komponenten der Industrie 4.0 sind über das Internet miteinander verbunden. Die Digitalisierung der Produktion eröffnet neue Möglichkeiten, macht die Systeme aber auch von außen angreifbar. Fraunhofer-Forscher bieten mit einem IT-Sicherheitslabor eine Testumgebung, um Attacken zu simulieren und Lücken aufzuspüren.

Text: Britta Widmann

Moderne Produktionswelt: Für standortübergreifende Wertschöpfungsketten in der Industrie 4.0 sind Maschinen, Roboter, Systemkomponenten, Minicomputer in Bauteilen und Sensoren miteinander vernetzt. Sie tauschen Daten aus, fragen den Zustand von Maschinen und Komponenten ab, berechnen die optimale Abfolge von Arbeitsgängen, planen die Maschinenbelegungen und vieles mehr. Doch mit dem Einzug der Kommunikation über Internet-Technologien in die Fabriken steigt das Sicherheitsrisiko. Neben bekannten Viren bedrohen neue, maßgeschneiderte Schadprogramme die vernetzten Produktionsanlagen. Sie können Anlagenparameter ausspionieren, Maschinen fremdsteuern, Steuerungen manipulieren oder Prozesse lahmlegen. Industrie 4.0-Netze benötigen daher besondere Schutzmaßnahmen, ausgefeilte Netztechnik und effektive Prüfmethode, die Sicherheitslücken aufdecken und zuverlässig schließen. Mit einem speziell für Produktions- und Automatisierungstechnik ausgestatteten IT-Sicherheitslabor bietet das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB in Karlsruhe eine gesicherte Testumgebung, um potenzielle Angriffe auf Produktionsnetze nachzustellen, die Auswirkungen zu untersuchen und so neue Strategien und geeignete Abwehrmaßnahmen abzuleiten. Es ermöglicht den Forschern auch, die Sicherheitsfunktionen der gängigen Kommunikationsstandards und -protokolle für industrielle Automatisierungssysteme zu bewerten. Diese regeln unter anderem die Datenverschlüsselung gegen Produktpiraterie, Spionage und Sabotage.

Andere Randbedingungen als in Office-IT

»Die IT-Sicherheit in der industriellen Produktion muss ganz andere Randbedingungen berücksichtigen, die in der Office-IT so nicht gegeben sind«, sagt Birger Krägelin, Projektleiter des IT-Sicherheitslabors am IOSB. Die Steuerung von Produktionsanlagen stellt Echtzeitanforderungen, die Veränderungen auf den Systemen schwierig machen. Das Einspielen von verfügbaren Software-Patches auf den Systemen, die Installation von Überwachungs-Software, Malware-Scannern und Antivirus-Programmen beeinflusst die Stabilität sorgfältig abgestimmter Prozesse. Umgekehrt geben Produktionsprozesse die Bedingungen vor, wann Updates realisierbar sind. Firewalls im Netzwerk und verschlüsselte Verbindungen zwischen den Systemen können die Echtzeitbedingungen beeinträchtigen. »Beispielsweise ist es möglich, dass der Einbau bekannter Sicherheitsmaßnahmen aus der Office-Umgebung zwischen Maschinen den Versand von Nachrichten verzögert.

Das kann dazu führen, dass Förderbänder langsamer laufen, Ventile verzögert schließen, Lichtschranken falsch auslösen, Drehzahlen von Motoren sich erhöhen oder Steuerungskomponenten ausfallen«, erklärt Krägelin. Auch der vergleichsweise lange Nutzungszeitraum von Hard- und Software in der Produktion unterscheidet sich deutlich von anderen IT-Einsatzgebieten.

Um für Produktionsumgebungen angepasste IT-Schutzmechanismen zu finden und zu etablieren, hat das Forscherteam aus Spezialisten der Automatisierungstechnik und IT-Sicherheit das Labor entsprechend ausgestattet: Es verfügt über eine eigene Modellfabrik mit realen Automatisierungskomponenten, die eine simulierte Produktionsanlage samt Förderbändern, Elektromotoren, Roboter und Hebeeinrichtungen steuern. Alle Netzwerk-Ebenen einer Fabrik sind mit typischen Komponenten vorhanden, darunter Firewalls, Schaltungen und Komponenten für kabellose Bauteile. Eine eigene Private Cloud erlaubt es den Experten des IOSB, unterschiedliche Konfigurationen flexibel einzurichten und die Modellfabrik auf verschiedene Szenarien einzustellen.

»In der Cloud können wir virtuelle Firewalls, PCs, Client-Rechner dazuschalten und gesamte Netzwerkstrukturen per Mausklick ändern. So ist es uns möglich, eine virtuelle Firewall oder auch Analysesysteme zwischen zwei Komponenten, z.B. eine Maschine und ein übergeordnetes MES-System (Manufacturing Execution System) zu hängen. Aus der Cloud heraus können wir eine Malware-Erkennung starten und etwa Steuerungen und Anlagenvisualisierungen auf Infektionen prüfen«, sagt der Diplom-Informatiker. »Wir sind in der Lage, ohne den Kauf von Komponenten und ohne das Verlegen von Leitungen andere Fabriksituationen aufzubauen und Cyberangriffe zu simulieren.«

Unternehmen können das Labor nutzen, um sich bei der Planung und Inbetriebnahme von sicheren industriellen Netzwerkstrukturen beraten zu lassen. Zudem profitieren sie vom Know-how der IOSB-Experten, wenn es um die Analyse ihrer bereits existierenden Netze und Komponenten geht. Darüber hinaus wollen die Forscher das Labor künftig als Ausbildungs- und Lernplattform für Schulungsmaßnahmen anbieten. »Ingenieuren fehlt oftmals noch das Wissen, wie man mit Cyber-Bedrohungen umgeht«, erläutert Krägelin. Welche Angriffsszenarien auf vernetzte Produktionsanlagen möglich sind, demonstrieren die Forscher vom IOSB auch auf der Hannover Messe. ■

Software für flinke Transporte

Internethandel, Industrie 4.0, Big Data, Cloud Computing – die Anforderungen an moderne Logistik steigen. In einem neuen Fraunhofer-Innovationszentrum entwickeln Informatiker und Logistiker gemeinsam Lösungen und Geschäftsmodelle für die reibungslose Logistik von morgen.

Text: Tim Schröder



Die Welt ist in Bewegung. Wer heute ein Buch beim Internethändler bestellt, geht davon aus, dass der Paketdienst es zwei Tage später liefert. Ganz selbstverständlich greifen wir ins Kühlregal zur Milch, die täglich frisch eintrifft. Und wenn wir ins Krankenhaus kommen, wollen wir nicht allzu viel Zeit mit Voruntersuchungen, Blutentnahme und Röntgen verbringen. Nichts von alledem wäre möglich, wenn es nicht eine fein abgestimmte Logistik gäbe, verzahnte Informations- und Warenflüsse. Doch die Ansprüche an die Logistik steigen. Kunden erwarten heute, dass schnell geliefert wird, dass der Bestellvorgang im Internet sicher ist und vor allem, dass man auf individuelle Wünsche eingeht. Hinzu kommen neue Entwicklungen wie »Cloud Computing«, das »Internet der Dinge« und »Industrie 4.0«, die Menschen, Dinge und Dienste zunehmend virtuell vernetzen.

Angesichts dieser neuen Möglichkeiten haben die Fraunhofer-Institute für Materialfluss und Logistik IML und für Software- und Systemtechnik ISST jetzt in Dortmund das Fraunhofer-Innovationszentrum für Logistik und IT FILIT gegründet. Dort entwickeln Forscherinnen und Forscher beider Institute gemeinsam neue Softwarelösungen und digitale Dienste für die Logistik von morgen. Arbeitsschwerpunkte des Innovationszentrums sind »Data Innovation«, »Health Care Innovation« und »Compliance Innovation«. Allen voran geht das »Data Innovation Lab« unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Boris Otto an den Start.

Verstreute Daten sammeln und analysieren

»Die Logistik ist der direkte Draht zwischen Hersteller und Kunde – keiner kommt ohne sie aus«, sagt Boris Otto. Ein wesentlicher Teil der Arbeit im FILIT besteht darin, Daten, die im Internet, in der Logistikkette oder in der Verwaltung von Firmen oder Kliniken verstreut sind, zu sammeln, zu analysieren und daraus neue Erkenntnisse zu gewinnen. Es fließen auch Erfahrungen aus anderen Projekten ein. Beispiel: Fraunhofer kooperiert mit dem schwedischen Telekommunikationsausrüstungsunternehmen

Ericsson. Ericsson entwickelt zum Beispiel Lösungen für die mobile Internetkommunikation. Damit können globale Lieferketten in Echtzeit überwacht werden. So lässt sich der Reifegrad von Bananen beim Überseeexport von Südamerika nach Europa permanent bestimmen, weil die klimatischen Bedingungen im Überseeexport kontinuierlich überwacht werden. Container-Reedereien und Hafentreiber können so Fahrtgeschwindigkeit und Entladereihenfolgen in Abhängigkeit vom Reifegrad der Banane steuern, so dass das Obst nicht zu grün und nicht zu braun in Köln im Supermarkt ankommt.

Healthcare Innovation beschäftigt sich mit der Logistik in Kliniken. »In einem Krankenhaus gibt es viele verschiedene Prozesse, die heute noch nicht optimal verzahnt sind«, sagt Dr. Wolfgang Deiters vom ISST, Leiter von Healthcare Innovation. Zwar gibt es in Krankenhäusern verschiedene Informationssysteme für das Labor, die Patienten- oder Bilddaten, doch arbeiten diese meist nebeneinander her. So ist es heute kaum möglich, zentral zu erfassen, wie viele Stunden ein Patient – inklusive Röntgen, Voruntersuchung oder der Betreuung – auf der Station insgesamt in Anspruch genommen hat. »Früher rechneten die Krankenkassen nach Tagen ab, heute nach Pauschalen für bestimmte Eingriffe wie etwa eine Blinddarmoperation«, sagt Deiters. »Damit ist das Budget begrenzt. Für das Krankenhaus ist es also essenziell, den Aufwand exakt zu beziffern.« In einem Projekt mit einem Krankenhaus wird jetzt eine zentrale Software entwickelt, die wie eine Leitwarte in einer Industrieanlage Daten aus allen Bereichen erfasst und so für Transparenz sorgen soll.

Elementar für die bessere Vernetzung in der Logistik, ganz gleich ob im Krankenhaus oder zwischen Fabrik und Kunde, ist die Datensicherheit. Damit beschäftigen sich die Experten von Compliance Innovation intensiv. Das Thema ist zweischneidig. Zum einen müssen Unternehmen Daten über ihre Kunden sammeln, damit sie diese optimal beliefern können. Zum anderen haben Kunden Angst, dass ihre Daten missbraucht werden. Derzeit arbeitet der Versand-

händler Amazon daran, bereits aus dem Verhalten des Kunden im Internet abzulesen, welches Produkt er kaufen wird, noch ehe er eine Bestellung aufgegeben hat. So kann ein Produkt schneller in Auftrag gegeben und an ein Logistiklager geschickt werden. Kunden aber fürchten sich davor, ausgespäht zu werden.

»Wir Entwickler befinden uns auf einem schmalen Grat zwischen den Bedürfnissen des Kunden sowie der Hersteller und Händler – im FILIT wollen wir Lösungen schaffen, die beide Seiten akzeptieren können«, sagt Prof. Dr. Jan Jürjens, der Compliance Innovation am ISST leitet. Eine Lösung könnte es beispielsweise sein, dass der Kunde auf der Website mit einem Schieberegler einen »Grad an Privatheit« wählt. In etwa so, wie er schon heute die Sicherheitseinstellungen seines Browsers verändern kann. »Unsere Aufgabe ist es, Lösungen zu entwickeln, die zu mehr Transparenz beitragen, ohne eine kommerzielle Verwertung von wertvollen Erkenntnissen aus Geschäftsdaten komplett ausschließen zu müssen«, sagt Jürjens.

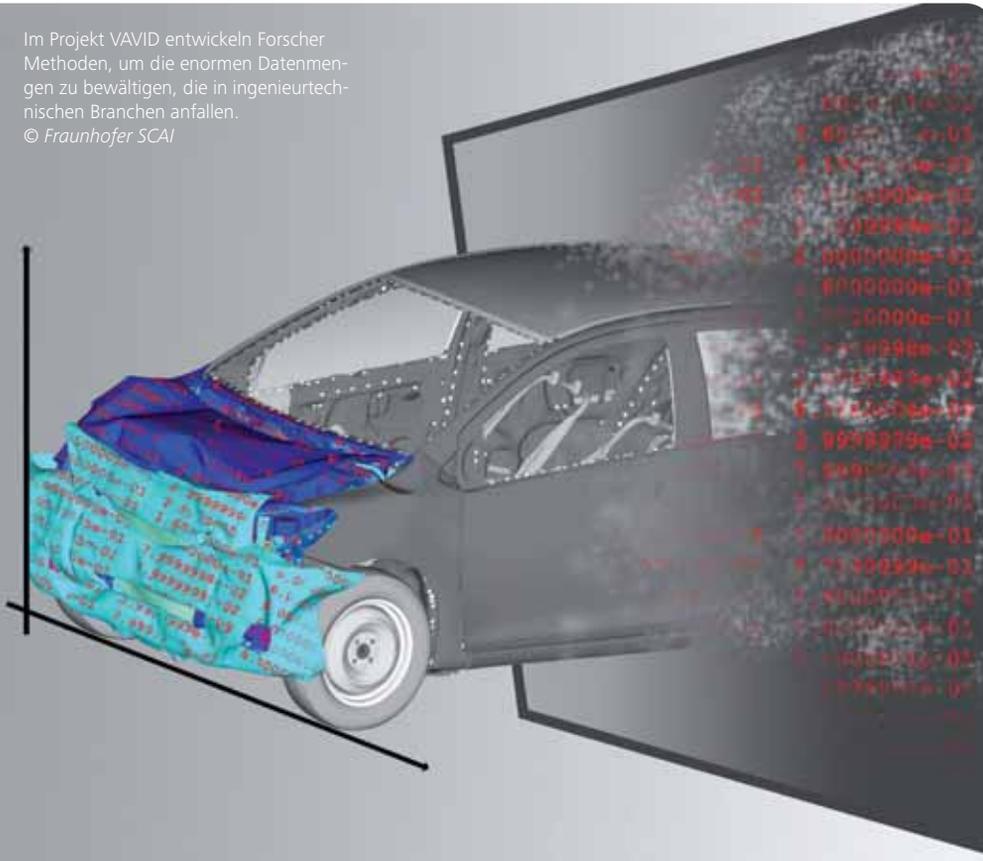
Mehr Transparenz in der Logistikkette

Um mehr Transparenz geht es IT-Experten auch in der Logistikkette. Heute sind viele Informationen über die ganze Kette verstreut. So verfügt ein Hersteller nur selten über alle Transportdaten, beispielsweise von Zwischenstationen. Deshalb gibt es immer wieder Skandale, weil schwarze Schafe unentdeckt bleiben – Beispiel Pferdefleisch-Skandal. »Unser Ziel ist es, ähnlich wie in Healthcare Innovation, Daten zu sammeln und zentral zu bearbeiten. Erst auf diese Weise erreichen wir eine durchgehend transparente Transportkette, in die gezielt Sicherheits- und Qualitätskontrollen eingebaut werden können.«

Für FILIT-Leiter Boris Otto sind entsprechende Softwarelösungen der Schlüssel zum künftigen wirtschaftlichen Erfolg: »Wer den Bedarf der Kunden rechtzeitig antizipieren und Datensicherheit sowie transparente Transportketten garantieren kann, schafft sich wichtige Alleinstellungsmerkmale.« ■

Daten auf Diät

Im Projekt VAVID entwickeln Forscher Methoden, um die enormen Datenmengen zu bewältigen, die in ingenieurtechnischen Branchen anfallen.
© Fraunhofer SCAI



Bei Crashesimulationen fallen riesige Informationsmengen an. Fraunhofer-Forscher arbeiten mit Partnern an Strategien, um Daten effizienter zu speichern und zu analysieren.

Text: Bernd Müller

Hunderte Autos fahren Ingenieure bei großen Automobilherstellern pro Woche virtuell zu Schrott. Mithilfe der Simulationen wollen sie das Crashverhalten sowie die Sicherheit für Insassen und Fußgänger verbessern. Doch dabei fallen Unmengen Daten an: Jede einzelne Crashesimulation umfasst zwei bis drei Gigabyte. Bei Dutzenden Ingenieuren, die verschiedene Sicherheitsaspekte eines Fahrzeugs untersuchen, summiert sich das im Laufe eines Jahres auf etliche Petabyte (ein Petabyte sind 10^{15} Byte). Diese Informationsflut bringt Probleme mit sich: Weil die Datenmenge schneller wächst als die Kapazität der Speicher, können Simulationsergebnisse nicht vollständig aufbe-

Große Datenmengen managen

Im Projekt »Vergleichende Analyse von ingenieurrelevanten Mess- und Simulationsdaten, VAVID« entwickeln die Partner aus Industrie und Wissenschaft gemeinsam Methoden, um die enorme Datenflut zu bewältigen, die in ingenieurtechnischen Branchen anfallen. Beispiele dafür sind Ergebnisse aus numerischen Simulationen sowie Sensordaten von Maschinen. Durch vergleichende Analysen und Datenkompression sollen die Informationen auf ihren relevanten Kern reduziert werden. Das Gesamtbudget beträgt 3,3 Millionen Euro, davon trägt das Bundesministerium für Bildung und Forschung etwa 2,2 Millionen Euro. Forscher des Fraunhofer SCAI koordinieren das Projekt. Partner sind Bosch Rexroth Monitoring Systems GmbH, Scale GmbH, GE Global Research, GNS mbH, SIDACT GmbH und die Technische Universität Dresden. Darüber hinaus beteiligen sich die AUDI AG in Ingolstadt, die ParStream GmbH in Köln und die Volkswagen AG in Wolfsburg an dem Projekt.

 www.vavid.de

wahrt werden. Dabei lässt sich auch aus diesen Daten Nutzen ziehen.

Mit der »Vergleichenden Analyse von ingenieurrelevanten Mess- und Simulationsdaten«, kurz VAVID, will das Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI in Sankt Augustin gemeinsam mit Partnern die Informationsflut radikal eindämmen. »Wir entwickeln verbesserte Techniken zur Datenkompression sowie neue Methoden zur Datenanalyse, zum Datenmanagement und zur interaktiven Visualisierung der Werte«, erklärt Prof. Dr. Jochen Garcke. Er leitet das Geschäftsfeld Numerische Datenbasierte Vorhersage am SCAI und

ist Koordinator des Forschungsverbundes aus Wissenschaft und Wirtschaft (siehe Kasten). Die Experten entwickeln gleich mehrere Strategien, um nicht nur weniger Daten zu produzieren, sondern diese auch intelligenter zu nutzen. Im Kern geht es in diesem Projekt darum, den Ingenieuren zu helfen, redundante Simulationen zu erkennen und nur die relevanten anzuschauen. So haben die Vorarbeiten zu VAVID gezeigt, dass von hundert Berechnungen vielleicht nur zwei oder drei ein interessantes, weil abweichendes Resultat ergeben, alle anderen sind nahezu identisch.

Redundanzen vermeiden

Wie verschwenderisch die Crashesimulanten bisher mit Speicherressourcen umgehen, zeigt ein Test mit einem Stoßfänger von Toyota. Die Experten am SCAI und der GNS mbH in Braunschweig haben die Position des Stoßfängers in einem Bereich von 20 Millimetern stückchenweise minimal verschoben und die Last im Längsträger der Karosserie berechnet. Dabei zeigte sich, dass in den 250 Simulationen immer wieder drei Verformungsarten auftraten. Leichte Variationen in der Ausgangsposition führen nur selten zu Abweichungen im Ergebnis. Ein Ingenieur hätte das auch erkannt, dafür aber zwei Tage benötigt. »Der SCAI-Algorithmus erledigte diese Detektivarbeit in einer Stunde«, sagt Garcke.

Unmengen an Daten fallen bereits bei der Startkonfiguration einer Simulation an: Sie benötigt etwa ein Gigabyte Speicher. Da sich oft von einer Rechnung zur anderen nur bestimmte Aspekte wie Blechdicke oder Material an bestimmten Stellen ändern, lässt sich hier viel Speicherplatz sparen. Die Idee: Was gleich bleibt, muss nur einmal in den Anfangsbedingungen zentral gespeichert werden. Daran arbeiten die an dem VAVID-Projekt beteiligten Unternehmen GNS mbH in Braunschweig und SCALE GmbH in Dresden.

Eine weitere Aufgabe ist es, die Daten zu komprimieren. Dazu entwickelt die SIDACT GmbH in Sankt Augustin, eine Fraunhofer-Ausgründung, einen Algorithmus. Dieser reduziert die etwa zwei bis drei Gigabyte Informationen die jeder Simulationslauf erzeugt, auf ein Zehntel bis ein Zwanzigstel. »Das ist eine Art MP3 für Simulationsdaten«, schwärmt Garcke. Werden die Daten zentral archiviert, haben die Ingenieure

zudem Zugriff auf die Ergebnisse ihrer Kollegen. Das vermeidet Doppelarbeit und reduziert die Datenmenge.

Großen Wert legen die VAVID-Partner auf die Visualisierung. Sie soll den Ingenieuren ein Gefühl dafür geben, welche Simulationen sinnvoll sind und welche nicht. Dazu haben die Partner dreidimensionale Bilder entworfen, in denen Simulationsläufe durch Punkte dargestellt werden. Liegen Punkte nahe beieinander, sind diese Berechnungen nahezu identisch und redundant. Punktwolken, die weiter entfernt voneinander liegen, repräsentieren Simulationen, die zu unterschiedlichen Ergebnissen geführt haben.

Was für die Automobilindustrie hilfreich ist, kann auch für andere Branchen interessant sein. Zum Beispiel für die Windenergie. Innerhalb von Sekunden können sich die Verhältnisse an den Rotorblättern ändern, und so werden mithilfe tausender numerischer Simulation feinfühligere Regelstrategien entwickelt, statt nur bei starkem Wind die Rotorblätter beizudrehen. Auch hier gilt: Tausende Simulationen müssen nicht Tausende kritischer Situationen bedeuten, die berücksichtigt werden müssen, vielleicht reichen ein paar Dutzend. GE Global Research, ebenfalls Partner in VAVID, ist daher an einem schnellen und besseren Verständnis der großen Menge erzeugter Daten interessiert. Und so versuchen die SCAI-Forscher auch hier, die wichtigen Unterschiede herauszufinden und redundante Daten auszublenden. Weiterer VAVID-Partner ist Bosch-Rexroth, der Sensoren für Windturbinen produziert und die Betriebsdaten bereitstellt. Solche Sensordaten helfen, Eisbefall auf den Rotorblättern zu erkennen, sie könnten sogar dazu dienen, den Ausfall einer Anlage vorherzusehen.

Die Arbeiten im Projekt VAVID haben im September 2014 begonnen und laufen bis Ende August 2017. Bis dahin wollen die Experten Instrumente entwickeln, die eine vergleichende automatisierte Analyse großer und wachsender Datenmengen ermöglichen. »So lassen sich die Informationen auf ihren relevanten Kern reduzieren. Das spart nicht nur Kosten für die Datenspeicherung, sondern verschafft den Ingenieuren einen besseren Durchblick, um Produkte zu optimieren«, erwartet Professor Jochen Garcke. ■

Fiber Optics

polarization maintaining for wavelengths 370 – 1700 nm

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



Laser Beam Coupler
for Singlemode Fibers

Apochromatic fiber optics 400 - 660 nm

R
G
B
V

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

Common Fiber

Endcap

Option: Amagnetic Titanium Fiber Connectors and Fiber Optic Components

Fiber collimator 60FC-...

Fiber Port Clusters for Magneto Optical Raps

Postcard-sized replacement of a 1m² breadboard setup.



In global use:

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

Fiber Optics, Components and Tools for Fundamental Research

LOW NOISE LOW COHERENCE and REDUCED SPECKLE

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

with singlemode and polarization-maintaining fiber cables

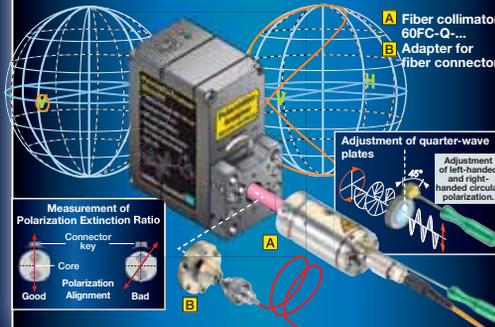


Applications:
Fabry Perot Interferometry
Atomic force microscopy
Nanotube
Laser Deflection Measurement

51nanoFI-...
Power Control
Faraday Isolator

Measurement System

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



A Fiber collimator 60FC-Q-...
B Adapter for fiber connector

Adjustment of quarter-wave plates
Adjustment of left-handed and right-handed circular polarization

Measurement of Polarization Extinction Ratio
Connector key

Core Polarization Alignment
Good Bad

Special Developments and Customized Solutions



Schäfter + Kirchhoff GmbH

info@SukHamburg.de www.SuKHamburg.com

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

Made in Germany



Die Software zur einfachen und benutzerfreundlichen Verschlüsselung für jedermann soll als Open Source zur Verfügung stehen. © Fraunhofer SIT

Verschlüsselung für alle

Geheimdienste überwachen unsere elektronische Kommunikation. Das bedroht nicht nur unsere Privatsphäre, sondern auch das intellektuelle Eigentum von Unternehmen. Schutz bietet die Verschlüsselung. Doch die bisherigen Lösungen sind oft kompliziert. Fraunhofer entwickelt Software, die eine einfache Nutzung von Kryptographie ermöglicht.

Text: Mandy Kühn

Verschlüsselung ist das wirksamste Mittel gegen die massenhafte Ausspähung von Bürgern, Unternehmen und Behörden. Es gibt zwar bereits etliche Kryptographie-Programme, etwa für die Absicherung der E-Mail-Kommunikation, – allerdings werden sie kaum genutzt. Denn die Lösungen sind meist aufwändig. Aus diesem Grund fordert die Bundesregierung in ihrer Digitalen Agenda die Möglichkeit einer durchgängigen und laientauglichen Verschlüsselung. Besonderes Problem für Laien ist meist, die Handhabung der für die Kryptografie notwendigen Schlüssel. Ein Team vom Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie SIT in Darmstadt entwickelt deshalb auf Basis anerkannter Technologien eine einfache und benutzerfreundliche »Volksverschlüsselung«.

Die Experten setzen dabei auf etablierte asymmetrische Verfahren. Dabei erhält jeder Nutzer zwei kryptografische Schlüssel, die zusammengehören. Mit dem ersten öffentlich zugänglichen Public Key werden die Informationen codiert. Um die Daten wieder lesbar zu machen oder Nachrichten zu signieren, nutzt man den geheimen Private Key. »Kernstück der Lösung ist eine Software, die dem Nutzer die bislang schwierigen Verteilungsvorgänge abnimmt«, erläutert Projektleiter Michael Herfert. Sie erzeugt nicht nur die Schlüssel, sondern erkennt auch, welche Anwendungen auf dem Computer Kryptographie nutzen können und stellt ihnen die entsprechenden Schlüssel automatisch zur Verfügung. Die Software wollen die Forscherinnen und Forscher als Open-Source zur Verfügung stellen. Dadurch können sich auch Unternehmen

und Anbieter von Verschlüsselungslösungen an der Weiterentwicklung beteiligen.

Doch wie funktioniert die Lösung konkret? Zunächst installiert man sich die Volksverschlüsselung auf den eigenen Computer. Die Anwendung startet sofort und erzeugt den öffentlichen sowie den geheimen Schlüssel. Anschließend lassen sich etwa E-Mails kodieren. Um Missbrauch zu verhindern, muss noch ein spezieller Server beglaubigen, dass der Public Key tatsächlich einer bestimmten Person gehört. Dazu weist sich der Nutzer dem System gegenüber aus – etwa mit dem neuen Personalausweis. In dieser zentralen Infrastruktur sind dann auch alle öffentlichen Schlüssel gespeichert. »Hier kann jeder die Public Key nachschlagen und herunterladen – ähnlich wie bei einem Telefonbuch«, sagt Herfert. Das erfordert eine äußerst leistungsfähige und sichere Infrastruktur. Geplant ist derzeit, sie am Fraunhofer-Institutszentrum in Bilinghoven auf einem Hochsicherheitsserver zu betreiben. »Mittelfristig sollen sich jedoch auch weitere vertrauenswürdige Partner beteiligen können«, sagt Herfert.

Die Ergebnisse der Arbeiten des SIT – insbesondere die Software – sind vor allem für Firmen interessant. Die entwickelten Lösungen ermöglichen es, kleinen und mittleren Unternehmen, Verschlüsselung leichter einzusetzen und Betriebsgeheimnisse so besser zu schützen. ■

 www.fraunhofer.de/audio

weiter.vorn als app, so oder so.



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

Ab April 2015 gibt es das Fraunhofer-Magazin weiter.vorn wieder als iPad-App zum kostenlosen Download und jetzt neu auch als App für Android!

www.fraunhofer.de/magazin



Nachhaltige, smarte Städte

Wie werden Städte morgen leben? In einem großen Verbundprojekt entwickeln Forscherinnen und Forscher Konzepte für nachhaltige, lebenswerte und zukunftsfähige Metropolen.

Text: Chris Löwer

Städte waren immer schon Taktgeber des Fortschritts. Hier zeigen sich wie im Brennglas die zentralen Herausforderungen unseres Zusammenlebens: von der Mobilität über die Mitbestimmung bis zur modernen Energieversorgung. Die Weichen für nachhaltige und smarte Cities von morgen müssen heute gestellt werden.

Wie die Stadt der Zukunft aussieht, wollen Forscherinnen und Forscher im Projekt »Triangulum« nicht nur theoretisch erarbeiten, sondern auch praktisch umsetzen. Unter der Leitung des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO werden in Manchester, Eindhoven und Stavanger innovative Ideen für intelligente Stadtquartiere umgesetzt, um sie anschließend auch in Leipzig, Prag und dem spanischen Sabadell zu verwirklichen. Das Vorhaben ist aus der Morgenstadt-Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft entstanden und wird vom Steinbeis-Europa-Zentrum unterstützt. Die Europäische Kommission kürte es zum Leitprojekt der Initiative »Smart Cities and Communities«. 23 europäische Partner aus Kommunen, Wissenschaft und Industrie arbeiten in dem Projekt mit.

»Unser Ziel ist es, praktikable Lösungen zu finden, um Städte smart und auch in Zukunft lebenswert zu machen. Dazu setzen wir wegweisende Konzepte für nachhaltige Energieversorgung, Mobilität und Informationstechnologie zunächst in drei ausgewählten Städten um«, erläutert Alanus von Radecki vom IAO, der das Projekt koordiniert. »Das Herzstück bildet dabei eine Informations- und Kommunikationstechnik-Architektur, die in allen drei Leuchtturm-Städten eingesetzt wird.

Sie ist die Grundlage dafür, dass die einzelnen Technologien in der Stadt miteinander vernetzt und aufeinander abgestimmt werden«, erklärt von Radecki. Die Wissenschaftler setzen dabei auf eine vom Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS entwickelte einheitliche Architektur für Informations- und Kommunikationstechnologie. So lassen sich die Konzepte relativ einfach auf andere Städte übertragen – auch wenn die Bedingungen und Belange jeweils unterschiedlich sind.

»Möglich macht das der modulare Ansatz des Projektes«, sagt von Radecki. Alle eingesetzten

Technologien werden Baustein für Baustein umgesetzt und Daten erhoben, so dass eine vergleichbare Informationsbasis entsteht. »Auf Informationen, Kommunikation, Datenaustausch und Vernetzung in Echtzeit bauen im Grunde alle Kernthemen zukunftsfähiger Städte auf«, sagt von Radecki. Wichtig ist dabei, vorhandene voneinander getrennte Kommunikationsinfrastrukturen zu vereinen, seien es Sensor-, Informations- oder Mobilfunknetze.

Informationstechnik spielt eine entscheidende Rolle

Die Planungen für die norwegische Stadt Stavanger zeigen, warum der Informationstechnologie eine Schlüsselrolle zukommt. Hier sollen Unternehmen, Einwohner, Forschungseinrichtungen und Ärzte konsequent über IT-Netze verknüpft werden, um besser planen, effizienter Energie nutzen und sogar medizinische Ferndiagnosen stellen zu können. Dank eines bereits vorhandenen gut ausgebauten Glasfasernetzes können hochauflösende Videos unter anderem zum Beispiel Telemedizinern künftig bei ihrer Arbeit helfen oder weitere neuartige öffentliche



Dienste ermöglichen. Die Infrastruktur soll auch dafür genutzt werden, um weitere Kanäle für das bürgerschaftliche Engagement zu erschließen. Etwa wenn es darum geht, den Weg zur Smart City mitzugestalten.

In Stavanger sind die meisten E-Mobile unterwegs

Stavanger zeichnet sich durch eine weitere Besonderheit aus: Die Stadt verfügt europaweit über die höchste Dichte an Elektrofahrzeugen. »Dies und die bestehenden Highspeed-IKT-Infrastrukturen bilden die Basis, um Energie- und Mobilitätslösungen besser zu vernetzen«, erklärt von Radecki. Neue Lösungen sollen zudem helfen, die Stadt effizienter mit Energie zu versorgen. So ist geplant, dass ein Blockheizkraftwerk öffentlichen Gebäuden Energie liefert, wobei das städtische Schwimmbad als Energiespeicher dient. Das bedeutet, dass die Beckentemperatur tagsüber mehrere Grad Celsius über den Einstellwert steigen kann und sich dann über Nacht wieder abkühlt.

Ehrgeizige Pläne haben die Projektpartner auch für Manchester. Hier soll das studentische Viertel »Manchester Corridor«, in dem rund 72 000 Studierende leben, in ein Smart-City-Quartier verwandelt werden. »Dazu werden die historischen Gebäude saniert. Zudem soll ein autarkes Energienetz aufgebaut werden, welches das gesamte Stadtquartier mit Wärme und Strom versorgt«, berichtet von Radecki. Das Netz liefert nicht nur Erd- und Fernwärme, sondern umfasst auch zwei separat operierende Stromnetze und eine Brennstoffzelle, die überschüssige Energie speichern kann. Darüber lassen sich auch

E-Autos, E-Lastenfahräder sowie die E-Tram »Metrolink« mit Strom versorgen – Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor werden komplett aus dem Viertel verbannt.

Auch in Eindhoven wird die Zukunft elektrisch sein. Der Stadtverkehr soll mit E-Bussen laufen und über eine IKT-Lösung können die Einwohner auf verschiedene Bereiche der Infrastruktur zugreifen, etwa elektrische Carsharing-Fahrzeuge buchen oder intelligente Parkraumkonzepte nutzen. Sensoren, die zum Beispiel in Laternen installiert sind, werden unter anderem Bewegungsdaten erfassen, so dass die Straßenbeleuchtung, der öffentliche Nahverkehr oder Carsharing-Angebote bedarfsgerecht gesteuert werden können. Das alles ist zunächst für das ehemalige Industriegelände der Firma Philips im Distrikt Strijp-S geplant. Hier wird auch das innovative Konzept »Sanergy« zur Sanierung kontaminierter Böden umgesetzt, bei dem in einem geschlossenen System beim Filtern und Umwälzen von verseuchten Grundwasser Energie gewonnen wird. Zusätzlich entsteht noch ein Biomasse-Heizkraftwerk.

Mit dem Stadtteil »Eckhart Vaartbroek« wird gleich noch ein Viertel in die Zukunft geführt. Hier dominieren ältere Sozialbauten, die energetisch saniert werden sollen. »Um die Energieeinsparung zu berechnen, nutzen wir ein IT-basiertes Instrument, das Aufwand und Ertrag in einer 3D-Visualisierung des Quartiers abbilden kann«, berichtet der Projektleiter.

Die ambitionierten Pläne sollen in drei Jahren umgesetzt sein. Danach werden die Konzepte auf drei weitere Städte übertragen. ■



European
Commission

Triangulum

Die Europäische Kommission fördert das Projekt Triangulum als eines von drei »Horizon 2020«-Leuchtturmprojekten im Bereich Smart City mit 25 Millionen Euro. Ziel ist es, Konzepte für eine nachhaltige und intelligente Stadtentwicklung zu entwerfen und zu erproben. Dafür werden zunächst in den Städten Manchester, Eindhoven und Stavanger innovative Lösungen umgesetzt. In einem nächsten Schritt sollen diese Konzepte dann auf drei weitere Städte übertragen werden. Das Projekt startete im Februar 2015. Die gesamten Projektkosten betragen mehr als 29 Millionen Euro. Unter wissenschaftlicher Leitung des IAO arbeiten im Projektkonsortium folgende Städte sowie weitere Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen zusammen:

- Steinbeis-Europa-Zentrum
- Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart
- Fraunhofer FOKUS

Beteiligte Partner Manchester (UK)

Manchester City Council | The University of Manchester | The Manchester Metropolitan University | Siemens plc | Clicks and Links LTD

Beteiligte Partner Eindhoven (Niederlande)

Municipality of Eindhoven | Park Strijp Beheer B.V. | Stichting Woonbedrijf SWS.Hhvl | Technische Universiteit Eindhoven | Strijp S. Ontwikkeling B.V. | Koninklijke KPN N.V.

Beteiligte Partner Stavanger (Norwegen)

Stavanger Kommune | Greater Stavanger Economic Development AS | Rogaland Fylkeskommune | The University of Stavanger | Lyse Energi AS

Beteiligte Partner der Follower Cities

Prague Institute of Planning and Development (Tschechien) | Ajuntament de Sabadell (Spanien) | Stadt Leipzig (Deutschland) | TÜV SÜD AG (Deutschland) Beteiligte Partner Eindhoven (Niederlande)

Unermüdlicher Helfer

Getränke holen, schwere Lasten tragen - mobile Roboter sollen in einigen Jahren Menschen zu Hause unterstützen. Forscher haben ein neues Modell eines universellen Helfers entwickelt: die vierte Generation des »Care-O-bot®«. Sie kann als Basis für kommerzielle Serviceroboter-Lösungen dienen.

Text: Klaus Jacob

Jahrelang blieb der Serviceroboter eine lockende Verheißung. Der smarte Helfer, der in der Wohnung Dienstbotenarbeiten verrichtet oder im Krankenhaus die Pfleger unterstützt, wurde immer mal wieder angekündigt, ohne dass viel passierte. Nachdem bereits autonome Staubsauger und Rasenmäher in den Regalen der Elektroläden liegen, wird der elektronische Butler langsam immer greifbarer. Das Pariser Start-up-Unternehmen Aldebaran will noch in diesem Jahr mit einem Roboter-Zwerg auf den französischen Markt gehen. Das nur etwa einen halben Meter große Gerät ist allerdings mehr

Spielzeug als echte Hilfe. Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart, das bereits seit vielen Jahren an diesem Thema forscht, hat mehr zu bieten. Ihm ist ein wichtiger Schritt in Richtung Kommerzialisierung gelungen. Das Team um Gruppenleiter Ulrich Reiser hat eine neue Generation der Serviceroboter entwickelt: den »Care-O-bot 4«, der seinen Vorgängern überlegen ist.

Die Vision: Der IPA-Roboter soll pflegebedürftigen Senioren ein Leben in der eigenen Wohnung ermöglichen, damit sie

»Care-o-bot« kann vielfältige Aufgaben übernehmen: Koffer tragen, Pflegepersonal unterstützen oder im Haushalt helfen.
© Fraunhofer IPA



den leidigen Umzug ins Altenheim möglichst lange aufschieben können. Doch dafür mussten die Ingenieure dem Roboter das sichere Navigieren zwischen Möbeln und das gezielte Greifen beibringen – eine große Herausforderung. Erst die dritte Generation des Roboters, der »Care-O-bot 3«, war fit genug, um bei den Nutzern tatsächlich Anklang zu finden. Bei Praxistests in Seniorenheimen hat er mehrmals seine Tauglichkeit bewiesen. Dort schleppte er nicht nur schwere Kisten, sondern sorgte auch dafür, dass die alten Menschen genug trinken. Allerdings war der Helfer mit reinen Materialkosten von fast einer Viertelmillion Euro zu teuer für den serienmäßigen Einsatz.

 www.care-o-bot-4.de

Noch leistungsfähiger trotz geringerer Herstellungskosten ist die neue Generation, der »Care-O-bot 4«. Der unermüdlche Helfer hat zwei Arme. Zusammen mit der Firma Schunk haben die Forscher eine neuartige Einfingerhand entwickelt, die greifen kann, indem sie den Finger gegen die Handfläche drückt. Im Gegensatz zu seinem Vorgänger, der noch auf vier Rädern unterwegs war, rollt der Roboter auf drei kleinen Rädern, die einzeln angetrieben werden und sich unter einer runden Plattform verstecken. Damit meistert er jedes Manöver. Ein besonderes Highlight des unermüdlchen Helfers:

In der Hüfte und im Hals stecken innovative Kugelgelenke, die sich die IPA-Experten haben patentieren lassen. Damit kann sich der Roboter bücken, ohne das Gleichgewicht zu verlieren. Wie beim Menschen verschiebt sich beim Beugen ein Teil des Körpers nach hinten – so fällt der »Care-O-bot 4« selbst dann nicht um, wenn er eine Last am ausgestreckten Arm hält.

Um das System noch preiswerter zu machen, entschieden sich die Ingenieure vom IPA für einen modularen Aufbau: Man kann den smarten Helfer, je nach gewünschter Leistung, zusammenstellen. Geht es lediglich um den Transport von Gegenständen, kann man zum Beispiel auf die Arme verzichten und stattdessen ein Tablett oder einen Korb aufschrauben. Auch die Anzahl der Sensoren lässt sich den individuellen Erfordernissen anpassen. Man kann eine individuelle Roboterplattform für unterschiedlichste Anwendungen aufbauen – als mobiler Informationskiosk im Museum, Baumarkt oder Flughafen, für Hol- und Bringdienste in Heimen oder Büros oder Sicherheitsanwendungen. »Das Konzept der Modularität orientiert sich an der Realität. In Science-Fiction-Filmen haben Roboter zwar sämtliche Fähigkeiten eines Menschen, doch einen solchen Alleskönner wird es im richtigen Leben nicht geben, zumindest nicht in den nächsten Jahrzehnten«, ist Ulrich Reiser überzeugt. »Der elektronische



Diener ist immer ein Spezialist, der nur für bestimmte Aufgaben zuständig ist.«

Dementsprechend haben die Konstrukteure den Roboter auch gestaltet. Anders als der französische Zwerg von Aldebaran sollte er nicht wie ein Mensch aussehen. »Das weckt falsche Erwartungen«, sagt Reiser. Dennoch wirkt der »Care-O-bot 4« mit seinem schlanken Körper, den beiden seitlich angebrachten Armen und Kopf freundlich. Seine klaren Linien machen ihn zu einem Hingucker. Für die ansprechende Erscheinung hat das Stuttgarter Unternehmen Phoenix Design gesorgt. Großen Wert haben die IPA-Entwickler auf eine einfache Bedienung gelegt. Denn Nutzer sind nur dann bereit, sich von einem Roboter helfen zu lassen, wenn sie damit problemlos umgehen können. So besitzt der Helfer einen Touchscreen auf seinem Kopf, der leicht zugänglich ist. Durch einfache Mittel kann der »Care-O-bot 4« sogar Stimmungen ausdrücken. Das ermöglichen vor allem ausdrucksstarke Augen, die auf dem Touchscreen an seinem Kopf zu sehen sind. Zudem beherrscht er einfache Gesten wie Nicken oder Kopfschütteln, die jeder sofort versteht.

Der elektronische Butler hat exzellente Manieren: Er wahrt stets höflich Distanz, bleibt diskret im Hintergrund, wenn er nicht gebraucht wird, und verbeugt sich schon mal.

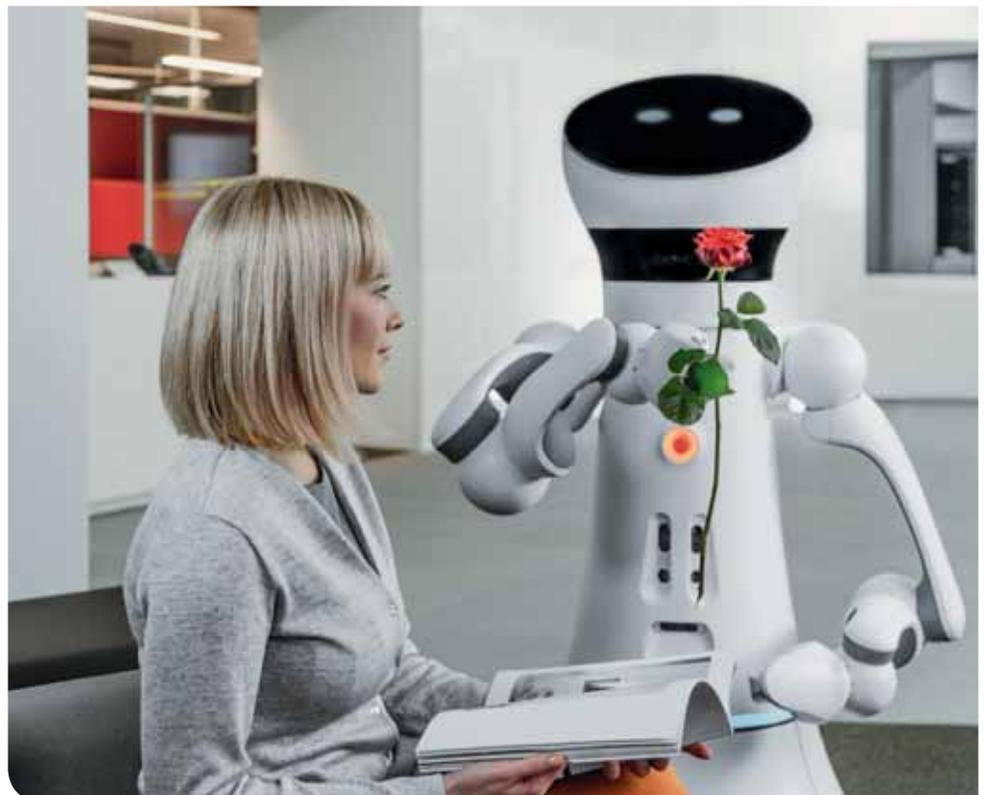
Außerdem teilt er mit, ob er ein Kommando verstanden hat und was er gerade tut. Da der Roboter mit Kameras und Mikrofonen für die Sprach-, Personen- und Gestenerkennung ausgestattet ist, lässt er sich sogar mit Worten oder Bewegungen bedienen.

Der vielseitige Helfer kann ältere Menschen zu Hause unterstützen

Ein fertiges Produkt ist der »Care-O-bot 4« jedoch nicht. Er dient in erster Linie als eine ausbaufähige Forschungsplattform mit Grundausstattung. Die Stuttgarter Forscher wollen, dass möglichst viele Wissenschaftler das System nutzen, um dessen Einsatzmöglichkeiten stetig zu erweitern.

Dennoch denkt Reiser auch an eine kommerzielle Nutzung. Der Roboter-Experte spielt mit dem Gedanken, zusammen mit Kollegen eine eigene Firma zu gründen. Seiner Ansicht nach ist die Technologie inzwischen weit genug, um Geschäftsmodelle entwickeln zu können. In den USA sind schließlich bereits Dutzende Robokuriers im Einsatz, die in Krankenhäusern das Essen in die Zimmer liefern. Der Stuttgarter Roboter ist vielseitiger als diese Apparate und soll vor allem älteren Menschen zu Hause helfen. Doch dafür müssen die Kosten noch weiter sinken. ■

Der elektronische Butler hat exzellente Manieren.
© Fraunhofer IPA



Skandinavische Sonne einfangen

Ansprechpartnerin: Karin Schneider, karin.schneider@ise.fraunhofer.de

Die Siedlung »Stenbråtli« in der Nähe von Oslo ist mit neuartigen dachintegrierten Kunststoffkollektoren der Firma Aventa ausgestattet. Damit decken die Bewohner der 34 Reihenhäuser mit Passivhausstandard über 60 Prozent ihres Gesamtbedarfs an Heißwasser und Heizung ab. Die Module beweisen hier im Praxistest, dass sie funktional und preisgünstig sind. Weitere Vorteile: Sie lassen sich einfach installieren und ästhetisch in die Gebäude integrieren.

Die Solarkollektoren aus Kunststoff hat ein Konsortium des europäischen Projekts »SCOOP«, kurz für Solar Collectors Made of Polymers, mit insgesamt 12 Kooperationspartnern entwickelt. Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE koordinierten das Projekt.

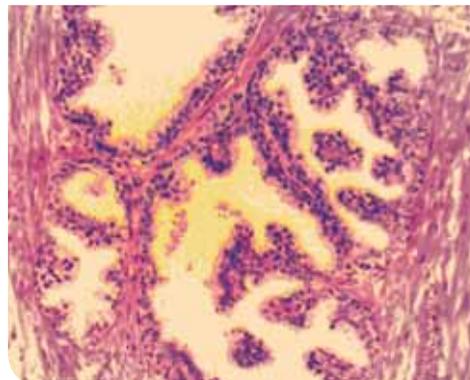


Die Solarkollektoren aus Kunststoff sind ins Dach integriert. © Aventa

Virtuelle Biobank für Prostatakrebs

Ansprechpartner: Jens Augustin, jens.augustin@izi.fraunhofer.de

Histologischer Schnitt durch die Prostata.
© Alex Brollo



Wissenschaftler des Deutschen Prostatakarzinom Konsortiums (DPKK) und des Fraunhofer-Instituts für Zelltherapie und Immunologie IZI stellen für Forschungszwecke eine virtuelle Biobank für Gewebeproben und weitere Biomaterialien von Patienten mit Prostatakrebs zur Verfügung.

Bereits seit elf Jahren sammeln Experten Proben mit Einverständnis der Patienten. Daran beteiligt sind

insgesamt 17 Kliniken, die sich im DPKK zusammengeschlossen haben. Aus dem Potsdamer Institutsteil Bioanalytik und Bioprozesse des IZI stammen Konzept und Software, um den gemeinsamen Datenbestand in einer virtuellen Biobank zusammenzuführen. Die Originalproben verbleiben dabei im Bestand der jeweiligen Klinik, sie stehen jedoch nun online schneller für Forschungspartner zur Verfügung.

Verkehrszeichen verstehen

Ansprechpartnerin: Katrin Berkler, katrin.berkler@iais.fraunhofer.de

Fahrerassistenzsysteme, die Verkehrsschilder erkennen, gibt es seit einigen Jahren. Jedoch sind sie bis jetzt nicht in der Lage, komplexe Verkehrsschilder oder solche mit Zusatzhinweisen wie einem gewissen Zeitrahmen oder einer Umleitung zu erfassen. Forscher am Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS bieten nun ein Verfahren, das auch komplexe Schilder interpretieren kann.

Die Algorithmen erkennen nicht nur runde, sondern auch dreieckige und rechteckige Verkehrszeichen. Zur Interpretation der Schilder kombinieren die Wissenschaftler Verfahren zur Bilderkennung und Dokumentenerkennung. So kann das System den Inhalt eines Verkehrszeichens verstehen und die relevanten Informationen an eine Anzeige im Cockpit und das Navigationssystem weiterleiten.

Steckdose ade



Strom laden während der
Fahrt. © Fraunhofer IFAM

Das Laden von Elektroautos ist derzeit noch aufwändig. Dass soll sich ändern. In einem Verbundprojekt mit Industriepartnern haben Fraunhofer-Forscher ein Ladesystem entwickelt, mit dem E-Mobile während der Fahrt von allein Strom tanken. Die Basistechnologie ist das induktive Laden, an dem bei Fraunhofer verschiedene Entwicklungsteams arbeiten.

Text: Tim Schröder

Elektrofahrzeuge sind leise und stinken nicht. Und sofern der Strom aus erneuerbaren Energien stammt, sind sie im Vergleich zu einem Benzin- oder Dieselmotor umweltschonender. Die Bundesregierung unterstützt den Kauf von Elektroautos unter anderem durch Steuererleichterungen. Dennoch waren in Deutschland 2014 nur gut 21.000 Elektrofahrzeuge unterwegs. Das ist fast nichts im Vergleich zu den 43 Millionen konventionell betriebenen Autos. Elektrofahrzeuge haben hierzulande den Durchbruch noch nicht geschafft. Das liegt zum einen am hohen Preis, vor allem aber auch daran, dass ihre Reichweite nach wie vor begrenzt ist und dass man die Autos umständlich nachladen muss. Wer Strom tanken will, benötigt heutzutage in der Regel ein Kabel und viel Zeit.

Es wäre geradezu ideal, wenn man das Elektroauto vom Ladekabel befreien und zugleich das Reichweitenproblem lösen könnte. Der Elektromobilität dürften entsprechende Entwicklungen einen gewaltigen Schub bescheren. Was heute noch wie die Quadratur des Kreises klingt, ist – auf einer Teststrecke – bereits gelungen. In einem Gemeinschaftsprojekt haben mehrere Firmen gemeinsam mit Forschern vom Bremer Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM und vom Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI in Dresden einen neuen Weg bei der Stromversorgung von Elektroautos eingeschlagen: Sie laden den Wagen während der Fahrt.

Grundlage dieses zukunftsweisenden Ansatzes ist das induktive Laden, an dem seit längerer Zeit

geforscht wird – allerdings bislang an stehenden Fahrzeugen. Beim induktiven Laden lässt sich Strom quasi über die Luft durch Magnetfelder übertragen. Dafür benötigt man elektrische Spulen, die zum einen in der Straße und zum anderen im Auto verbaut sind. Das physikalische Prinzip der Induktion, nach dem Magnetfelder und Stromflüsse miteinander gekoppelt sind, ist schon seit Mitte des 19. Jahrhunderts bekannt. Aber erst seit wenigen Jahren gibt es dafür auch technische Anwendungen wie den Induktionsherd oder Ladestationen für elektrische Zahnbürsten.

Beim Fahren Strom »tanken«

In dem seit knapp zwei Jahren laufenden Projekt haben die Partner das induktive Laden jetzt auf eine neue Stufe gehoben. Mit Unterstützung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur sowie der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie wurde auf dem Gelände des Ingenieurdienstleisters INTIS in Lathen im Emsland eine etwa 25 Meter lange Versuchsstrecke aufgebaut, bei der Spulen in den Boden eingearbeitet wurden. Die Aufgabe der IFAM-Forscher bestand darin, die für das induktive Laden benötigte Technik ins Auto zu bringen. Dazu nutzten sie einen zum Elektrofahrzeug umgebauten Sportwagen, das Demonstratorfahrzeug Frecco. »Es ist uns gelungen, die Strecke in moderatem Tempo entlangzufahren und dabei gleichzeitig die Batterie zu laden«, sagt Dennis Bartels, Projektleiter in der Abteilung »Elektrische Antriebe« am IFAM. »Damit haben wir gezeigt, dass das dynamische Laden, also das Laden während der Fahrt, technisch möglich ist.«

Der Aufwand, den die Forscher dafür betrieben haben, war immens. Zum einen musste ein Straßenaufbau realisiert werden, der dem einer echten Straße nahekommt. Daher gehörte zu den Partnern auch ein Straßenbauunternehmen, das die Spulen in die Versuchsstrecke integrierte sowie die Firma Alcatel, die die elektronische Ansteuerung der Spulen übernahm. Hinzu kam ein System für die Fahrzeugerkennung. Denn nur wenn ein Fahrzeug die Spulen überfährt, soll Strom fließen.

Energie induktiv übertragen

Eine Aufgabe der IFAM-Forscher war es, das induktive Ladesystem in das Elektrofahrzeug zu integrieren. »Die Kunst bestand darin, einen Kompromiss zwischen Bodenfreiheit, Platzbedarf und Wirkungsgrad des Systems zu finden«, sagt Bartels. Dabei spielt der Abstand der Fahrzeugspule im Auto zur Spule im Boden eine große Rolle. Die Energieübertragung wird umso einfacher und effizienter, je näher sich Spule und Fahrbahn sind. Die Experten des IFAM installierten außerdem einen Spannungswandler, der die hochfrequente Wechselspannung aus den Spulen an die Gleichspannung des Bordnetzes anpasst. Zudem bauten sie in den Wagen einen Laderegler samt der dazugehörigen Elektronik ein. Alle diese Komponenten integrierten die IFAM-Ingenieure in den elektrischen Antriebsstrang und verknüpften die Technik mit dem elektronischen Kommunikationssystem des Fahrzeugs.

Dass die aufwändige Technik funktioniert, demonstrierten die IFAM-Forscher in der Versuchshalle. Mit 35 Kilometern pro Stunde

Der einfachste Weg, Daten zu analysieren und präsentieren!



SIGMAPLOT
Exact Graphs and Data Analysis

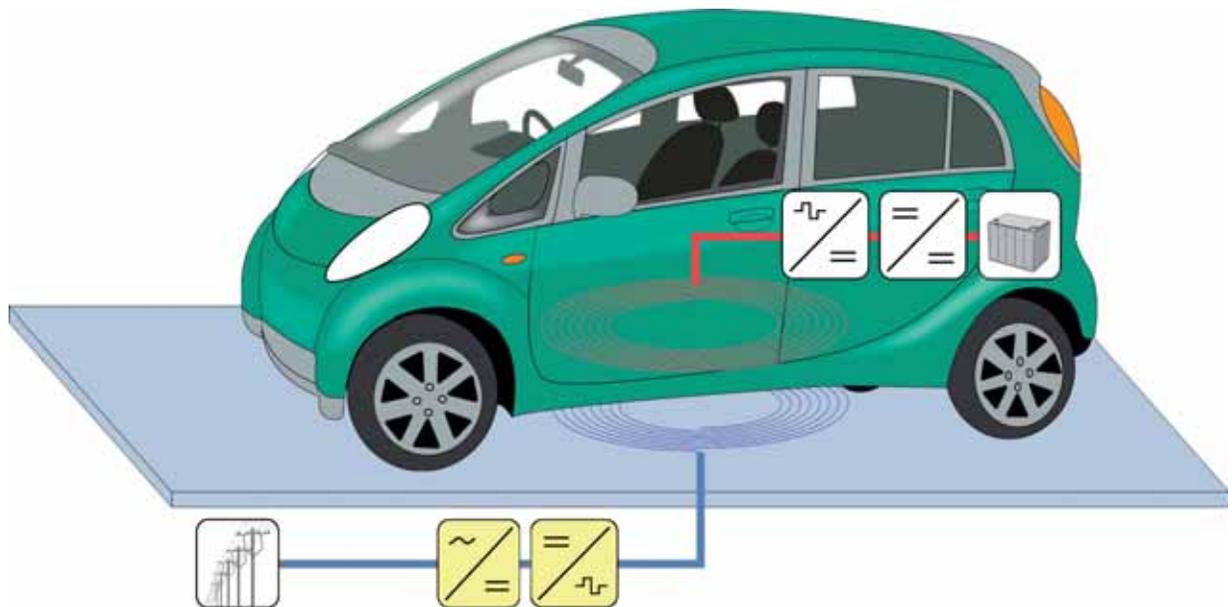
www.systat.de/FM.html

Neu!
Version 13

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

(Bitte FM0315 angeben)

Hocheffizientes induktives Ladesystem für Elektrofahrzeuge: Die Energieübertragung an die Fahrzeugbatterie erfolgt kontaktlos über ein Magnetfeld zwischen zwei Spulen. © Fraunhofer ISE



rollt der FRECCO durch das Gebäude und lädt dabei Strom aus den Spulen im Boden. »Auf einer längeren Strecke könnten wir durchaus bei höheren Geschwindigkeiten laden«, sagt Bartels. Die Vision der Forscher: In Zukunft werden Fahrzeuge sogar während der Fahrt auf Autobahnen mit Strom geladen. Doch dafür müsste man über viele Kilometer Spulen in die Fahrbahn einbauen. Christian Rüter, der am IFAM für die strategische Projektentwicklung zuständig ist, glaubt, dass sich das realisieren lässt: »Natürlich wird man in einem ersten Schritt nicht aktuell bestehende Autobahnen mit einem Spulensystem nachrüsten. Aber für Neubauabschnitte oder Streckenteile, die ohnehin saniert werden müssen, wäre dies denkbar.« Im Projekt wurde auch darauf geachtet, ein Spulensystem für die Straße zu entwickeln, das so günstig ist, dass es die Baukosten nur geringfügig erhöht.

Rüter glaubt, dass man sich langsam an das dynamische Laden herantasten wird – etwa mit Spulen in einem Taxistand, in dem die Taxen langsam vorwärts rollen, oder in Bushaltestellen. Genau das ist der Fokus der am Projekt beteiligten Forscher vom IVI. Sie haben kein Auto, sondern die am Institut entwickelte Autotram mit dem induktiven Ladesystem ausgestattet – eine Art Straßenbahn auf Gummireifen, die ähnlich wie ein Stadtbus eingesetzt kann. Der Demonstrator verfügt bislang über verschiedene Antriebstechnologien wie Batterien, Superkondensatoren und Brennstoffzelle. Künftig kann er

auch während der Fahrt zusätzlich Strom über das dynamische induktive Laden aufnehmen.

Stationäre Systeme

Das induktive Laden – ganz gleich ob stationär oder dynamisch – hat den entscheidenden Vorteil, dass das Kabel entfällt. Kabel sind oft schmutzig, zudem können sie durch Vandalismus zerstört werden. Das berührungslose Laden per Induktion ist da viel komfortabler. Beim stationären induktiven Laden wird das Auto in der Regel mittels Spulen in einer Parkbuch über eine längere Zeit geladen. Da hohe Ströme übertragen werden, können sich dabei allerdings Gegenstände unter dem Auto aufheizen – eventuell sogar entflammen. Auch Tiere wie etwa Katzen, die es sich unter dem Auto gemütlich machen, könnten, weil sie sich direkt im elektromagnetischen Feld befinden, geschädigt werden.

Forscher vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen haben deshalb eine Alternative zur Induktionsplatte im Boden entwickelt. Bei ihrer Lösung wird das Auto an der Fahrzeugfront in der Nähe des Nummernschilds mit Energie versorgt. Kern der Entwicklung ist eine Ladesäule, an die das Auto bis auf einen kleinen Abstand heranfahren kann. Da das Auto näher an die Sendespule herankommt, sind die Durchmesser der Spulen wesentlich kleiner als bei der Boden-

variante: zehn statt 80 Zentimeter. Sollte das Auto die Säule zu stark berühren, klappt diese einfach nach hinten weg. So werden Schäden am Fahrzeug vermieden.

Induktives Laden ist auch fürs Carsharing interessant. Im Projekt »Gemeinschaftlich-e-Mobilität: Fahrzeuge, Daten und Infrastruktur« (GeMo) setzen sechs Fraunhofer-Institute deshalb unter anderem auf eine zukunftsweisende Infrastruktur aus induktiven Ladestationen und Cloud-basiertem Lademanagement. Das System zur induktiven Ladung der Elektrofahrzeuge entwickelten Forscher des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg. Die ersten Prototypen des Ladesystems arbeiten sehr effizient: Die übertragbare Leistung beträgt bis zu 22 kW. Damit lässt sich eine übliche Elektrofahrzeugbatterie in weniger als einer Stunde auf 80 Prozent ihrer Nennkapazität laden.

Ob beim Fahren oder Parken – Fraunhofer-Forscher arbeiten daran, das »Strom tanken« ohne Kabel fit zu machen für den Einsatz in der Praxis. »Beides ist wichtig, um die Akzeptanz der Elektromobilität zu erhöhen. Daher wollen wir in den kommenden Monaten die Zusammenarbeit Fraunhofer-intern noch weiter verstärken«, betont Christian Rüter. ■



WEITERBILDUNG MIT FRAUNHOFER

- Innovation erleben
- Berufsbegleitend qualifizieren
- Wissensvorsprung sichern

Use your
Smartphone



www.academy.fraunhofer.de

 **Fraunhofer**
ACADEMY

E-Mobile auf dem Prüfstand

Damit sich Elektroautos auf dem Markt durchsetzen, müssen die Fahrzeuge nicht nur komfortabler und günstiger werden, sondern auch sicher und zuverlässig sein. Im neuen Zentrum für Systemzuverlässigkeit/Elektromobilität ZSZ-e testen Forscher E-Mobile.

Text: Ulrike Zechbauer

Die Elektromobilität muss Gas geben. Nach den Plänen der Bundesregierung sollen bis 2020 eine Million Elektroautos auf deutschen Straßen fahren. Ein äußerst ambitioniertes Ziel, denn aktuell sind laut der Nationalen Plattform Elektromobilität in Deutschland erst etwa 24 000 Elektrofahrzeuge zugelassen. Noch schrecken hohe Anschaffungskosten, geringe Reichweite und die fehlende Infrastruktur viele Autofahrer vom Kauf eines Stromers ab. »Eine entscheidende Rolle bei der Kundenakzeptanz spielen aber auch die Aspekte Sicherheit und Zuverlässigkeit von Elektrofahrzeugen«, sagt Professor Tobias Melz, kommissarischer Leiter des Fraunhofer-Instituts für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt.

Bereits seit 2008 beschäftigt sich das LBF intensiv mit der Elektromobilität. Mittlerweile verfügt das Institut über eine ganze Palette ausgefeilter FuE-Dienstleistungsangebote, um Elektrofahrzeuge auf Sicherheit und Zuverlässigkeit zu untersuchen. »Mit Hochdruck treiben wir vor allem die Entwicklung von Auslegungs- und Prüfverfahren für Elektrofahrzeuge weiter voran – von der einzelnen Komponente bis hin zum Gesamtsystem. Hierfür haben wir mit Unterstützung des Landes Hessen sogar ein eigenes Zentrum aufgebaut, das Zentrum für Systemzuverlässigkeit/Elektromobilität ZSZ-e«, sagt Melz. »Hier werden auf rund 4000 Quadratmetern alle Forschungsaktivitäten des LBF in den Bereichen Traktionsbatterie und -antriebe gebündelt.« Künftig sollen dort bis zu 150 Mitarbeiter des LBF und von Partnern tätig sein.

Herzstück des Ende März eröffneten ZSZ-e ist der Hochleistungsprüfstand für Batteriesysteme. Denn eine sichere Batterietechnologie, die den

Anforderungen an Reichweite, Kosten, Flexibilität und Mobilität genügt, gilt als einer der Schlüssel für den Erfolg der Elektromobilität. Heute sind vor allem Lithium-Ionen-Akkumulatoren mit 4,2 Volt und einer Kathode aus Lithium-Cobalt(III)-oxid oder Lithium-Mangan-Oxid im Einsatz. Diese sind jedoch Kraftstoffen für konventionelle Verbrennungsmotoren noch unterlegen. Sie sind teuer und speichern weniger Energie. Weiterer Nachteil der bisher gängigen Akkus: Sie können überhitzen und aufgrund eines sich selbst verstärkenden, Wärme produzierenden Prozesses – wie die Experten es bezeichnen – thermisch durchgehen, englisch »thermal runaway«. Deshalb arbeiten Wissenschaft und Industrie intensiv an neuen Batteriesystemen.

Alle Belastungen auf einmal

Künftig können die neuen Akkus in Darmstadt vorab getestet werden. »Unser neuer Hochleistungsprüfstand bietet die bisher weltweit einzigartige Möglichkeit, Batteriesysteme gleichzeitig mechanischen, thermischen und elektrischen Belastungen auszusetzen – und nicht wie sonst üblich nur einer dieser Anforderungen«, betont Dr. Chalid el Dsoki, Leiter der Gruppe Elektromobilität am LBF. »Bei 35 Grad sommerlicher Hitze eine holprige Straße hinauffahren oder bei minus 15 Grad auf glatter Fahrbahn abbremsen, in der Praxis erlebt die Batterie die jeweiligen Belastungen auch gleichzeitig und nicht nacheinander.« Also müssen auch im Prüfstand diese Bedingungen hinreichend genau nachgebildet werden, um die Zuverlässigkeit der Batteriesysteme sicherzustellen.

Für die gewünschte Testtemperatur im Bereich von minus 40 bis plus 80 Grad Celsius sorgt





Leistungsstarkes
10 kWh-Batteriesystem mit
eigensicheren LFP-Zellen
und einem integriertem
Batterie-Management-
system.
© Raapke/Fraunhofer LBF

eine knapp 18 Quadratmeter große und 3,5 Meter hohe Klimakammer. Der darin installierte multiaxiale Schwingtisch verkräftet Prüflinge mit einer Masse von bis zu einer Tonne, die mit Schwingungen bis zu 200 Hertz belastet werden. Darüber hinaus ergänzt ein leistungsstarker Batterietester das Equipment, um die elektrischen Betriebslasten zu simulieren. Seine Auslegung lässt die Untersuchung künftiger Hochvolt-Batteriesysteme bis zu 800 Volt zu. Auf dem Prüfstand können nicht nur Auto-Akkumulatoren, sondern auch Batteriesysteme für andere Branchen, wie etwa für die Luftfahrt-industrie, getestet werden.

Batterie Marke »Eigenbau«

Um ihr Know-how in der Batterie- wie auch der Prüftechnik weiter auszubauen, haben die LBF-Forscher in den vergangenen sechs Monaten sogar ein alternatives Batteriesystem auf Basis von Lithium-Eisenphosphat-Zellen (LFP) aufgebaut. Besonderer Vorteil dieses Akkus: Er gilt als »eigensicher« und kann anders als heute übliche Standardlösungen nicht durchbrennen. Doch warum sind »sichere« Batteriesysteme wie etwa LFP nicht schon jetzt in E-Mobilen im Einsatz? »Man muss immer einen Kompromiss aus Sicherheit, Kosten und Reichweite eingehen«, gibt el Dsoki zu bedenken. »Die Reichweite eines Elektroautos ist für den Kunden besonders wichtig. Da unsere LFP-Batterie lediglich 3,6, und damit 0,6 Volt weniger Spannung hat als die handelsüblichen 4,2-Volt-Akkus, würde das Auto damit weniger Fahrkilometer schaffen. Grundsätzlich lässt sich dies aber durch neue, angepasste Fahrzeugkonzepte kompensieren. Auch daran arbeiten wir intensiv.«

Es gibt noch einen weiteren Grund für die Batterie der Marke »Eigenbau«. »Sämtliche Daten, die wir mit unserer LFP-Batterie ermitteln, können wir frei für Forschungsk Kooperationen verwenden«, sagt el Dsoki. Ein wichtiger Punkt, denn im Automobilbereich werden sehr strenge Geheimhaltungsvereinbarungen getroffen. »Hier hilft uns eine neutrale Batterie, um neben der vertraulichen Industrieforschung auch vorwettbewerbliche Technologieentwicklungen forcieren zu können«, berichtet el Dsoki.

»Es ist allerdings nicht unser Ziel, eine eigene LFP-Batterie auf den Markt zu bringen. Vielmehr wollen wir mit der Eigenentwicklung Impulse setzen, gut nutzbare Testergebnisse generieren und neue Prüfverfahren entwickeln«, ergänzt Professor Melz.

Test auf Alltagstauglichkeit

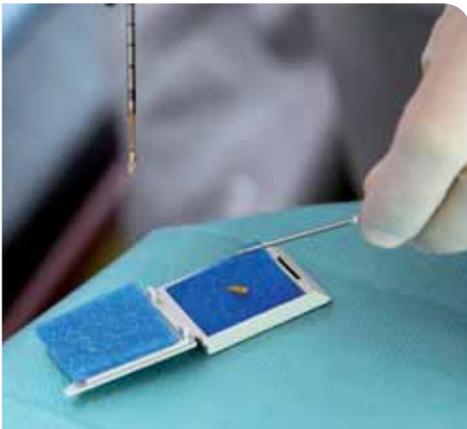
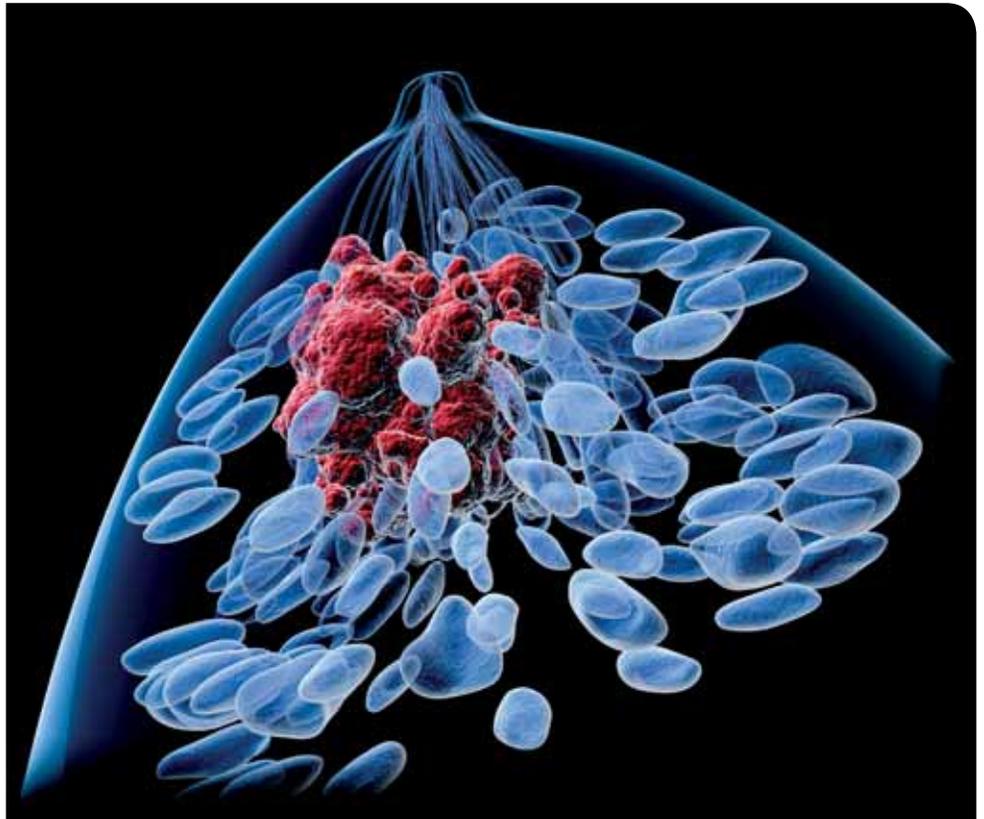
Das Leistungsangebot des ZSZ-e geht weit über die Prüfung von Batterien hinaus. Um zum Beispiel technische Unterschiede im Betriebsverhalten von verbrennungstechnisch und elektrisch betriebenen Fahrzeugen zu analysieren und Lastdaten im realen Fahrbetrieb aufnehmen zu können, betreibt das LBF eine eigene Forschungsflotte mit mittlerweile acht Fahrzeugen. Dies ermöglicht es den Forschern, unterschiedliche Antriebskonzepte und Fahrzeugklassen zu vergleichen. Auf einer rund 80 Kilometer langen, gezielt definierten Teststrecke durch Darmstadt und Umgebung werden diese Fahrzeuge auf Herz und Nieren geprüft und zudem Felddaten aus den Ladestationen und -vorgängen gesammelt. Dazu sind die Fahrzeuge mit speziellen Messsystemen ausgestattet, die teilweise am LBF entwickelt wurden. Von Interesse sind dabei nicht nur die elektrischen Belastungen der Batterie, sondern beispielsweise auch die Temperaturentwicklung im Motor, mechanische Lastsituationen oder das Lade- und Fahrverhalten.

»Bei der Zusammenstellung unserer Forschungsflotte haben wir darauf geachtet, dass möglichst viele Stromverbraucher – wie eine Sitzheizung oder ein Navigationsgerät – im Fahrzeug vorhanden sind. Deren Nutzung ist nämlich neben Antrieb und Fahrweise maßgeblich für die erforderliche Häufigkeit des Ladens«, erläutert el Dsoki. »In Langzeituntersuchungen erforschen wir Fragestellungen zur Lebensdauer der Batterie unter realen Bedingungen und die Einflüsse von Ladezyklen in der realen Feldinfrastruktur.« Dafür haben die Wissenschaftler auch eine Schnellladeinfrastruktur aufgebaut. Damit verkürzt sich das »Auftanken« enorm: Statt sieben bis mehr als 30 Stunden benötigt man an lediglich 2,5 Stunden, um komplett leere Akkumulatoren wieder aufzuladen. ■

Bessere Biopsien

Fraunhofer-Wissenschaftler entwickeln ein schonendes und schnelles Verfahren zur Gewebeentnahme bei Brustkrebsverdacht.

Text: Frank Grotelüschen



Biopsieprobe aus der Brust.
© ASTIER – CHRU LILLE,
BSIP/Science Photo Library/
Agentur Focus



Bei der MR-Aufnahme werden gleichzeitig auch Ultraschallbilder gemacht.
© Fraunhofer IBMT

Brustkrebs ist der häufigste bösartige Tumor der Brustdrüse des Menschen.
© iStockphoto

Die Aufnahme aus dem Magnetresonanztomographen zeigt einen auffälligen Fleck im Gewebe – womöglich ein Tumor in der Brust. Um die verdächtige Struktur genauer zu untersuchen, entscheiden sich die Ärzte für eine Biopsie und wollen mit einer feinen Nadel eine Gewebeprobe entnehmen. In der Regel läuft dies unter Ultraschallkontrolle. Was aber tun, wenn die verdächtige Struktur im Ultraschall gar nicht zu sehen ist? Hier soll ein Gemeinschaftsprojekt namens MaRIUS Abhilfe schaffen. Das Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT und das Fraunhofer-Institut für Bildgestützte Medizin MEVIS entwickelten ein Verfahren, bei dem eine neuartige Ultraschalltechnik die Biopsie beschleunigt. Die Basistechnologie ist auch für andere Einsatzfelder interessant: Sie könnte Strahlentherapien zielgerichteter und schonender machen, schärfere MR-Bilder von Herz, Leber und Niere liefern und völlig neue Ultraschalltechniken ermöglichen.

Zwei Bildgebungsverfahren intelligent kombiniert

Eine Brustbiopsie unter Ultraschallkontrolle läuft folgendermaßen ab: Während der Arzt die Nadel durchs Gewebe führt, verfolgt er deren Position auf dem Bildschirm eines Ultraschallgeräts. Doch in manchen Fällen versagt diese Methode: Bei jeder dritten Patientin ist der Tumor gar nicht im Ultraschallbild zu erkennen. Dann müssen die Fachleute zu einem anderen, aufwändigeren Bildverfahren greifen, der Magnetresonanztomographie (MRT). Mit ihr sind verdächtige Gewebeveränderungen deutlich besser zu sehen.

Zwar liefert die Methode gute Ergebnisse, doch sind die Abläufe komplex: Zur Bildaufnahme muss die Patientin in die enge Röhre des MR-Scanners. Die Biopsie dagegen kann nur außerhalb dieser Röhre erfolgen. »Deshalb muss der Arzt jedes Mal, wenn er die Position der Nadel überprüfen möchte, die Patientin wieder in den Tomographen fahren«, erläutert MEVIS-Projektleiter Matthias Günther. »Das Verfahren ist nicht nur zeitaufwändig und teuer, sondern auch für die Patientin belastend.«

Um die Prozedur einfacher und schneller zu gestalten, initiierten die Fraunhofer-Institute IBMT und MEVIS das Projekt MaRIUS (Magnetic Resonance Imaging using Ultrasound). Das Konzept: Die Patientin muss nur ein einziges Mal in die Tomographenröhre, und zwar vor der Gewebeentnahme. Dabei werden neben der

MR-Aufnahme gleichzeitig auch Ultraschallbilder gemacht. Danach fährt die Patientin aus der Röhre. Anschließend kann die Gewebeentnahme unter Ultraschallkontrolle erfolgen, ohne dass die Frau noch einmal in den MR-Scanner muss.

Das Entscheidende: Auf Basis der Ultraschalldaten rechnet ein Computeralgorithmus das anfangs aufgenommene MR-Bild so um, dass sich ein neues, der jeweiligen Situation angepasstes MR-Bild ergibt – als würde die Patientin während der Biopsie die ganze Zeit im Tomographen liegen. »Damit können sich die Mediziner während der Biopsie an zwei Bildern orientieren«, sagt IBMT-Projektleiter Steffen Tretbar. »Sie sehen sowohl das Ultraschallbild als auch die errechnete MR-Aufnahme, auf der ein Tumor deutlich besser zu erkennen ist.«

Um die dafür nötige Technik aufzubauen, hatten die Fraunhofer-Wissenschaftler diverse Herausforderungen zu meistern. Aufgabe des IBMT-Teams war es, ein neues Ultraschallgerät zu entwickeln, das eine parallele Bildgebung in der Röhre eines MR-Scanners überhaupt erst ermöglicht. Damit dies funktioniert, müssen die Ultraschallwandler sehr klein sein. Nur dann passen sie zusätzlich in das enge System. Zum anderen muss das Gerät die hohen Magnetfelder im Inneren des Scanners vertragen und darf gleichzeitig die MR-Aufnahme nicht stören.

»Die Lösung war ein spezielles MR-kompatibles System mit kleinen Ultraschallköpfen, die sich wie die Elektrode eines EKGs auf den Körper kleben lassen«, beschreibt Tretbar. »Mit Hilfe einer ausgefeilten rotierenden Mechanik können wir mit ihm dreidimensionale Ultraschallbilder aufnehmen.« Weiterer Vorteil der neuen Technik: Sie ist sehr schnell und kann bis zu dreitausend Mal pro Sekunde die vom Gewebe reflektierten Ultraschallechos erfassen. Zum Vergleich: Ein übliches Gerät in einer Arztpraxis verarbeitet lediglich 50 Bilder pro Sekunde.

Die Experten des MEVIS entwickelten ein neues Softwareverfahren, das Ultraschall-Tracking. Hintergrund: Das Bild im MR-Scanner wird in Bauchlage aufgenommen. Bei der Biopsie liegt die Patientin jedoch auf dem Rücken. Dadurch verformt sich zwangsläufig die Brust und die Position des Tumors ändert sich. Dieses Verschieben des Geschwürs nehmen die Ultraschallköpfe in Echtzeit auf. Die Tracking-Software analysiert diese Bewegungen und überträgt sie auf die anfänglich gemachte MR-Aufnahme. Das Resultat:

»Das MR-Bild passt sich in Echtzeit der veränderten Lage der Patientin an«, sagt Matthias Günther. »Dadurch lässt sich deutlich genauer als nur mit Ultraschallbildern erkennen, wie die Nadel zum Tumor geführt werden muss.«

Klinische Studien sind geplant

Mittlerweile hat das Team einen Demonstrator gebaut, der die Technologie an einem Gel-Brust-Imitat zeigt. Verformt man dieses Brustmodell, wird die Bewegung von einem Ultraschallkopf gemessen und von der Software auf ein zuvor gemachtes MR-Bild übertragen. Damit ist das Projektziel von MaRIUS erreicht. Jetzt planen die Forscher, das Verfahren weiterzuentwickeln und in klinischen Studien zu erproben. »Gemeinsam mit den Medizinern müssen wir zeigen, dass diese Technik verlässlich ist. Das ist sicher noch ein weiter Weg«, sagt Günther.

Die bei MaRIUS entwickelten Technologien dürften auch für andere Einsatzfelder interessant sein. So könnte die Ultraschall-Tracking-Software auch mit relativ langsamen Bildverfahren wie MRT oder Positronen-Emissions-Tomographie jene Organe besser erfassen, die sich im Körper bewegen – wie etwa Herz, Leber oder Niere. Das schlagende Herz etwa erscheint in MR-Aufnahmen bislang oft verschwommen. Würde man seine Bewegung per Ultraschall-Tracking verfolgen, wären schärfere Bilder in kürzerer Zeit möglich. Auch die Strahlentherapie könnte profitieren – und zwar bei Tumoren, die sich mit Herzschlag oder Atmung bewegen. »Hier könnte das Verfahren im Idealfall helfen, die Teilchen- oder Röntgenstrahlen der Bewegung nachzuführen, so dass sie den Tumor präziser treffen«, erklärt Steffen Tretbar.

Auch das neue Ultraschallsystem ermöglicht neue Anwendungen. Da es die Echos mehrere tausend Mal pro Sekunde erfassen kann, lassen sich deutlich kontrastreichere Ultraschallbilder erzeugen. Die Fachleute vom IBMT wollen ihre Technik nutzen, um einzelne Partikel im Blut zu verfolgen. Dadurch lassen sich Strömungskräfte sichtbar machen. Besonders starke Kräfte können ein Gefäß nachhaltig schädigen – ein Risikofaktor für die Patienten. Zudem kann man die neue Ultraschalltechnik für ein Verfahren namens Scherwellen-Elastographie verwenden. Dabei sendet der Schallkopf hochenergetische Impulse ins Gewebe. Dort bildet sich eine spezielle Welle aus, mit deren Hilfe sich Knoten und andere harte Strukturen gut erkennen lassen. ■



Sicher zu Hause testen

Chlamydien können Infektionen der Harnwege verursachen. Forscher arbeiten an einem molekularbiologischen Lab-on-a-Chip-System für zu Hause. Bis es den Selbsttest zu kaufen gibt, wird es allerdings noch ein paar Jahre dauern.

Text: Janine van Ackeren

Chlamydien sind Bakterien, die zu einer Infektion der Harnwege und Geschlechtsorgane führen können.

© Science Picture Co/
SCIENCE PHOTO LIBRARY/
Agentur Focus

Mehr als 100 Millionen Menschen stecken sich weltweit jedes Jahr neu mit Chlamydien an – so die Zahlen der Weltgesundheitsorganisation WHO. Übertragen werden die krankmachenden Bakterien beim ungeschützten Sex. Schätzungen zufolge infizieren sich in Deutschland pro Jahr etwa 300 000 Menschen neu mit Chlamydien. Besonders häufig betroffen sind Jugendliche und junge Erwachsene. Juckreiz, Schmerzen und Brennen beim Wasserlassen können erste Beschwerden einer Chlamydien-Infektion sein. Doch häufig treten zunächst auch gar keine spürbaren Symptome auf. Bleibt die Infektion unerkannt und wird nicht behandelt, kann das zu schwerwiegenden Erkrankungen führen, wie Entzündungen der Gebärmutter-schleimhaut, der

Eierstöcke, der Eileiter, der Harnröhre oder der Nebenhoden. Befallen die Bakterien die Augen, droht sogar eine Erblindung. Bei einer frühzeitigen Diagnose dagegen lässt sich die Infektion mit Antibiotika sehr gut behandeln. Doch oft scheuen Betroffene den Gang zum Arzt.

Ein winziges Labor für Daheim

Künftig kann man diskret zu Hause überprüfen, ob man sich angesteckt hat: mit einem leicht durchzuführenden Selbsttest. Das Besondere: Der Test ist ebenso zuverlässig wie eine molekularbiologische Untersuchung durch den Arzt und das Labor. Zwar gibt es bereits heute Selbsttests, doch diese sind meist sehr ungenau. Der Grund:

Erfolgreiche Entwicklung

Das Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI in Leipzig feiert in diesem Jahr sein zehnjähriges Bestehen. Seit seiner Gründung im Jahr 2005 hat sich das Institut rasant entwickelt. Damals waren 16 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am IZI tätig – heute sind es mehr als 500. Tendenz weiter steigend. Der Frauenanteil liegt bei 62 Prozent. Und auch der Betriebshaushalt konnte seit 2005 von 475 000 Euro auf über 15 Millionen Euro gesteigert werden.

In den vergangenen zehn Jahren haben Forscherinnen und Forscher am IZI mehr als 250 Projekte mit einem Gesamtvolumen von etwa 72 Millionen Euro bearbeitet.

Die bisherigen Tests weisen nicht die DNA der Erreger hochspezifisch nach, sondern nehmen häufig quasi die Hintertür. Statt die Nukleinsäure, den »Personalausweis« des Erregers, zu prüfen, spüren Antikörper in der Patientenprobe die sogenannten Antigene auf. Diese Bauteile der Bakterien werden meist nur mit geringer Sensitivität erkannt. Es kann also durchaus sein, dass eine Person sich infiziert hat, der Test aber Entwarnung gibt und ein negatives Ergebnis anzeigt.

Anders dagegen bei dem Selbsttest, den Forscher am Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI in Leipzig entwickeln, gemeinsam mit ihren Kollegen der Firma SelfD

Technologie GmbH. Das Unternehmen, dessen Mutterfirma in Estland beheimatet ist, hat einige hundert Meter vom IZI entfernt in Leipzig einen Standort eröffnet. Doch wie arbeitet das Lab-on-a-Chip-System für zu Hause? »Unser Testsystem weist die Bakterien selbst nach – und zwar auf molekularbiologischem Wege«, erläutert Dr. Dirk Kuhlmeier, Gruppenleiter am IZI. »Dazu isolieren wir die DNA der Chlamydien aus dem Urin und vervielfältigen sie.« Der Selbsttest setzt damit auf die gleiche Art der Analyse, die auch die Experten in den Laboren durchführen.

Die Methoden indes unterscheiden sich leicht voneinander. Bei herkömmlichen Laboruntersuchungen, die der Arzt verordnet, isolieren die Mitarbeiter die DNA aus dem Urin oder einem Abstrich und vervielfältigen sie über die Polymerase-Kettenreaktion. Mit Hilfe der PCR lassen sich für die Chlamydien charakteristische Bestandteile des Erbguts gezielt reproduzieren und dann nachweisen. Dazu müssen die Proben jedoch zyklisch auf drei verschiedene Temperaturen gebracht werden. »Das lässt sich bei einem Heimtest technisch kaum umsetzen«, sagt Kuhlmeier. Die Forscher nutzen daher eine isothermale Amplifikation: Dieses Verfahren vervielfältigt das Erbgut ebenso wie die PCR, läuft allerdings bei nur einer einzigen Temperatur ab. »So eine molekularbiologisch hochsensitive Analyse auf einem Chip unterzubringen und für Selbsttests anwenden zu können, ist weltweit einmalig«, betont Kuhlmeier. »Ziel ist, dass die Ergebnisse ebenso genau sind wie die Untersuchungen, die Experten in Laboren durchführen. Allerdings braucht der Betroffene keinerlei Geräte und kommt gänzlich ohne Zusatzwissen aus.«

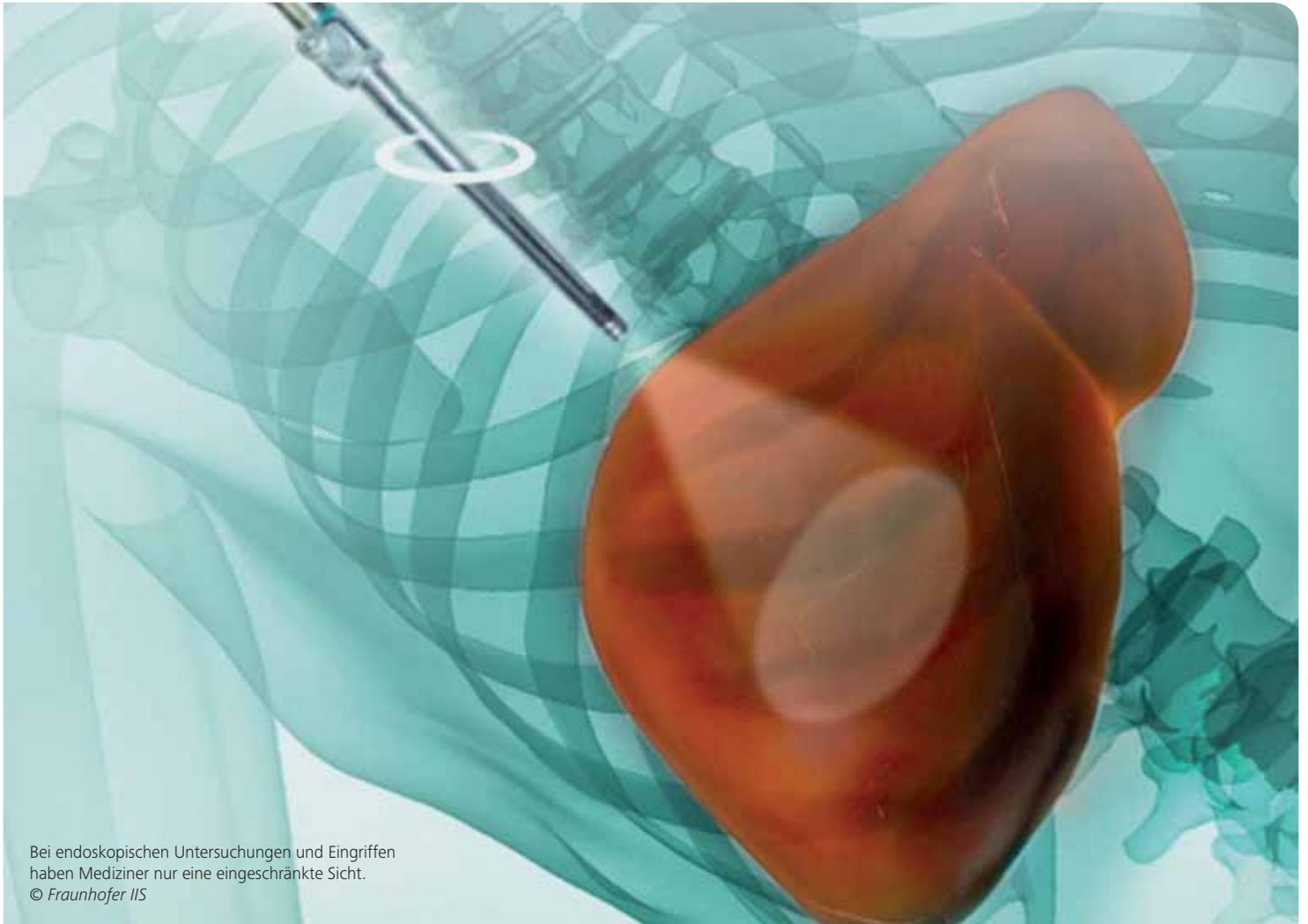
Urinprobe nehmen, Test starten

Für Personen, die eine Chlamydien-Infektion über den Selbsttest ausschließen wollen, heißt das: In den Auffangbehälter am Testsystem urinieren und etwa 30 Minuten warten. Im

Hintergrund läuft dann – unbemerkt vom Anwender – eine komplexe Reaktion ab: Durch eine feine Kapillare wird die Probe in eine Reaktionskammer gezogen. In dieser befinden sich Reagenzien. Die Probe löst diese auf und – falls vorhanden – wird die Chlamydien-DNA vervielfältigt. Nach der Reaktionszeit wird die Flüssigkeit von der Reaktionskammer auf einen Nachweistreifen weitergeleitet. Ähnlich wie bei einem Schwangerschaftstest zeigt eine Farbreaktion an, ob eine Infektion vorliegt oder nicht.

Damit der Chip reibungslos und zuverlässig funktioniert, mussten die Forscherinnen und Forscher einige Herausforderungen meistern: »Die größte Schwierigkeit lag darin, die Reagenzien in dem Testsystem entsprechend aufzubereiten: Schließlich müssen sie bei Raumtemperatur mindestens zwei Jahre haltbar sein. Ein weiterer Knackpunkt: Die DNA aus dem Urin muss sich gut mit den Reagenzien vermischen. Diese beiden Punkte sind das eigentliche Know-how, das in dem Testsystem steckt«, erklärt Dirk Kuhlmeier. Viele dieser Hürden hat das Team aus Unternehmens- und Fraunhofer-Wissenschaftlern bereits gut genommen. Inzwischen testen sie klinisch relevante Proben mit ihrem System – also Patientenproben aus dem Klinikum – vergleichen die Ergebnisse des Chips mit denen aus dem Labor. Auf diese Weise optimieren die Experten den Selbsttest. Die Hülle, in der sich das gesamte »Minilabor« samt Kapillare und Reaktionskammern befindet, wird bereits in kleinen Stückzahlen durch Spritzguss hergestellt.

In den kommenden zweieinhalb Jahren wollen die Forscher außer den Chlamydien noch weitere sexuell übertragbare Erreger auf dem Chip nachweisen: Das Testsystem soll dann mehrere Erreger gleichzeitig detektieren. Bis vom Zweifel geplagte Menschen einen solchen Einmaltest in der Apotheke oder im Internet erwerben können, wird es allerdings noch etwa vier bis fünf Jahre dauern. ■



Bei endoskopischen Untersuchungen und Eingriffen haben Mediziner nur eine eingeschränkte Sicht.

© Fraunhofer IIS

Endoskopie mit Panoramablick

Untersuchen oder operieren Ärzte die Blasenwand mit einem Endoskop, erhaschen sie jeweils nur einen winzigen Ausschnitt des Organs – ihr Blick ähnelt dem durch ein Schlüsseloch. Eine neue Software hilft, das Sichtfeld zu einem Panorama zu weiten. Sie könnte in einigen Jahren Mediziner bei der Endoskopie unterstützen.

Text: Janine van Ackeren

Schmerzt das Wasserlassen oder befindet sich Blut im Urin, könnte das auf eine Blasenentzündung oder aber auch auf eine bösartige Tumorerkrankung der Blase hindeuten. Klarheit verschafft eine Untersuchung mit dem Endoskop: Durch die Harnröhre führt der Arzt dieses Instrument in die Blase des Patienten ein und untersucht das Gewebe per Kamera auf Veränderungen. Während solche minimal-invasiven Untersuchungen für den Patienten sehr schonend verlaufen, stellen sie den Arzt vor einige Herausforderungen: Er sieht jeweils nur den winzigen Ausschnitt der Blase, den das Objektiv gerade einfängt – er schaut quasi wie durch ein Schlüsselloch. Benötigt der Untersucher Informationen über das Umfeld, muss er die Kamera schwenken und das Gesehene gedanklich zusammensetzen. Zudem ist es für ihn schwierig zu beurteilen, ob er alle Bereiche der Blasenwand gesehen und untersucht hat.

Von der Schlüssellockperspektive zum Rundumblick

Künftig weitet sich der Blick der Kamera zu einem umfassenden Panorama: »Die Software ›Endorama‹, die wir entwickelt haben, setzt alle Aufnahmen zu einem Gesamtbild zusammen – und das quasi in Echtzeit«, erläutert Privatdozent Dr. Thomas Wittenberg vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS. Der Arzt sieht so den gesamten untersuchten Bereich der Blase auf einen Blick. Das Bild, das die Kamera aktuell aufnimmt, zeigt die Software jeweils in der Mitte des Bildschirms an. Weist das Panorama eine »Leerstelle« auf, weiß der Arzt, dass er die Blasenwand dort noch nicht untersucht hat. Endorama erleichtert auch die Dokumentation: Statt einer einzelnen Aufnahme kann der Mediziner das Panoramabild in die Patientenakte heften, denn dieses enthält die gesamten Untersuchungsergebnisse und zeigt zudem, dass die Blase lückenlos untersucht wurde.

Bei Smartphones und Co. gehören Panorama-Fotos schon fast zum Standard: Möglich machen das Programme, die nach markanten Punkten in den Bildern suchen und diese anhand der Strukturen zu einer Gesamtansicht zusammenfügen. Anspruchsvoller ist es, aus Endoskopieaufnahmen ein Panorama zu erstellen. Dazu nimmt

die Kamera am Endoskop etwa 20 bis 25 Bilder pro Sekunde auf, die sich jeweils überlappen. Allerdings sind die Fotos in der Regel optisch stark verzerrt, besitzen eine niedrige Auflösung und auch der Kontrast ist durch die ungleichmäßige Beleuchtung vergleichsweise gering. Zudem sind die Strukturen in der Blase schwach ausgeprägt – es ist daher nicht einfach, markante Punkte zu finden, mit deren Hilfe die überlappenden Aufnahmen zusammengesetzt werden können.

Endorama meistert all diese Hürden: In einem ersten Schritt rechnet die Software die optischen Verzerrungen heraus und gleicht die Schatten aus, die durch die inhomogene Beleuchtung entstehen. Verschiedene Rechenprozesse setzen die Bilder zusammen: Während ein Prozess nach geeigneten Bildmerkmalen sucht, etwa Gefäßstrukturen auf der Blasenwand, ordnet ein anderer die Bilder zueinander passend an. Dabei berücksichtigen die mathematischen Modelle auch die komplexe Geometrie der Blase.

Erste Tests hat Endorama bereits erfolgreich bestanden: Die Forscher überprüften die Software zunächst an einem Phantomaufbau – einer zehn Zentimeter großen Kunststoffkugel, an deren Innenseite die Gefäßstruktur der Blase nachgebildet wurde. Auch Videosequenzen, die bei regulären Blasenuntersuchungen aufgenommen wurden, verrechneten die Wissenschaftler bereits zu Panoramen. In etwa zwei bis drei Jahren, so schätzt Wittenberg, könnte Endorama auf den Markt kommen.

Das Verfahren lässt sich auch für Untersuchungen anderer Hohlräume des menschlichen Körpers anwenden. Hat sich beispielsweise in der Hypophysendrüse ein Tumor gebildet, schiebt der Arzt ein Endoskop durch die Nase sowie die Nasennebenhöhlen des Patienten und fräst ein kleines Stück Knochen heraus. Durch dieses Loch kann er mit dem Endoskop bis in das Gehirn sehen und den Tumor mit geeigneten Instrumenten entfernen. Dabei ist äußerste Vorsicht geboten, denn der Chirurg darf dabei keine Nerven verletzen und auch das gesunde Hirngewebe muss möglichst unversehrt bleiben. Bisher erhält der Arzt über das starre Endoskop jedoch nur einen Schlüssellockeindruck der Nasennebenhöhlen, ähnlich wie bei der Untersu-

chung der Blase. Endorama erweitert auch hier das Sichtfeld. »Was diese Anwendung für die Neurochirurgie angeht, so sind wir noch in der Entwicklung«, erklärt Wittenberg.

Endoskopie in der Speiseröhre: Tunnelblick ade

Die Forscher wollen auch die Untersuchung der Speiseröhre erleichtern. Dafür arbeiten sie an einer weiteren Software, dem »TubeStitching«. Die besondere Herausforderung dabei: Die Speiseröhre ähnelt einem Tunnel. »Wenn ich mit einem Zug in einen Tunnel fahre, kann ich nicht weit hineinsehen – die Lichtstärke nimmt quadratisch mit dem Abstand ab. Aber in einem bestimmten Abstand von der Lampe ist eine Art ringförmige Beleuchtung an der Tunnelwand sichtbar: Hier ist die Wand optimal ausgeleuchtet«, erläutert Wittenberg.

Ebenso ist es bei der endoskopischen Untersuchung des Ösophagus: Die Lichtquelle beleuchtet im idealen Fall die Speiseröhrenwand ringförmig. Zieht der Mediziner das Endoskop zurück, wandert auch dieser Ring Stück für Stück. Das Programm »TubeStitching« wählt jeweils die Aufnahmen der gut beleuchteten Segmente aus und erstellt zweidimensionale Bilder, die – passend zusammengesetzt – den untersuchten Bereich der Speiseröhre abbilden. In etwa zwei bis drei Jahren könnte das System marktreif sein.

Die Forscher wollen die neuen Verfahren auch für industrielle Anwendungen nutzen. »Wir haben komplexe Hohlräume in technischen Umgebungen im Blick, etwa im Auto oder im Flugzeug«, verrät Wittenberg. Zwar lassen sich zylindrische Öffnungen wie Bremszylinder über ein starres Endoskop schon seit vielen Jahren automatisiert untersuchen. Anders sieht es bei verschlungenen Hohlräumen aus. Hierfür wollen die Wissenschaftler Lösungen entwickeln. »Was diese Aufgaben angeht, führen wir bereits Gespräche mit Industriekunden«, verrät Wittenberg, der ursprünglich aus dem Bereich der technischen Endoskopie stammt. ■

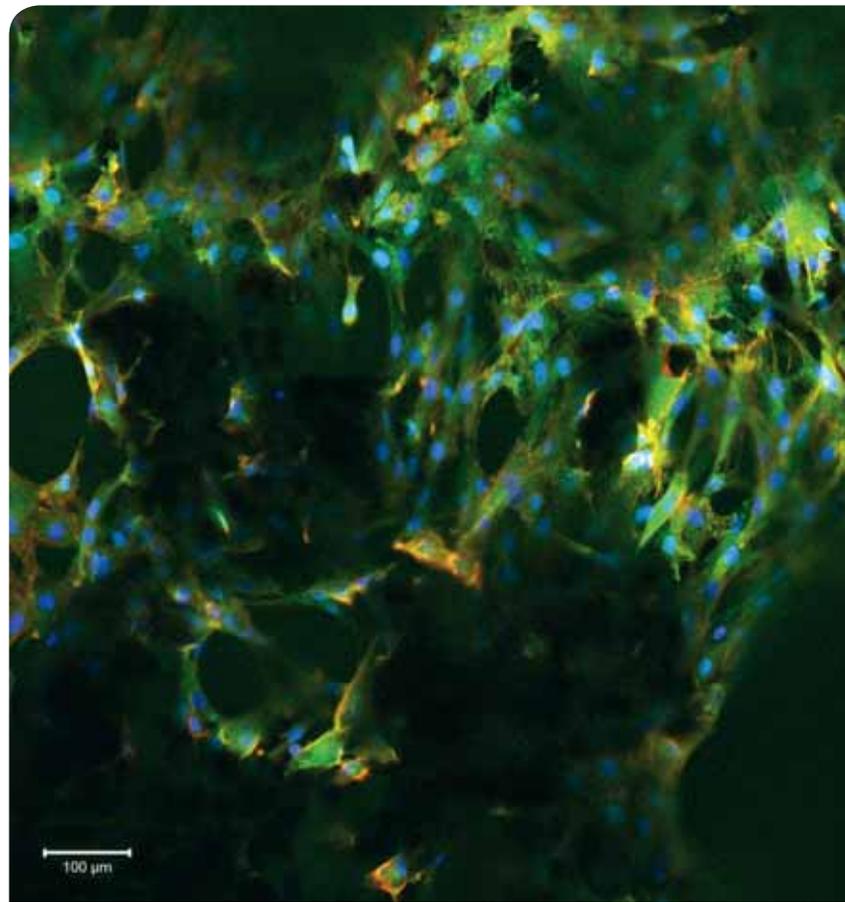


www.fraunhofer.de/audio
online ab 15. Mai 2015

Werkzeugbox für Knochen

In dem EU-Projekt VascuBone entwickelten Forscher ein Baukasten-Konzept, um Knochenimplantate herzustellen.

Text: Monika Weiner



Die Zeit heilt alle Wunden, sagt man. Und in der Tat sind die sprichwörtlichen Selbstheilungskräfte der Natur erstaunlich. Ein gebrochenes Schienbein beispielsweise wächst innerhalb weniger Wochen wieder zusammen. Die Fähigkeit zur Regeneration hat allerdings Grenzen: Wenn bei einer Tumoroperation größere Teile des Kiefers entfernt oder Knochen durch einen Unfall stark zerstört wurden beziehungsweise durch mangelnde Durchblutung degeneriert sind, nutzt es nichts, auf Zeit zu setzen. Die ursprüngliche Form und Funktion der Knochen lässt sich dann nur mithilfe von Implantaten wiederherstellen. Bisher ersetzen die Chirurgen fehlendes Material meist durch Metall oder körpereigenes Gewebe aus dem Beckenknochen des Patienten.

»Beides hat Nachteile: Das Metall bleibt ein Fremdkörper, an dessen Oberfläche sich kein neuer Knochen bildet. Das Material aus dem Beckenknochen wäre eigentlich ideal, doch man kann hier nur eine sehr begrenzte Menge entnehmen«, erklärt Heike Walles. Die Biologin ist Professorin für Tissue Engineering und Regenerative Medizin in der Würzburger Universitätsklinik und Leiterin des Translationszentrums Regenerative Therapien für Krebs- und Muskuloskeletale Erkrankungen des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB am Standort Würzburg. Zusammen mit 19 Wissenschaftler-Teams aus vier Ländern hat sie im EU-Projekt VascuBone fünf Jahre lang Alternativen erforscht. Herausgekommen ist nicht ein Knochenersatzstoff für alle

Gelegenheiten, sondern ein Baukasten mit unterschiedlichen Komponenten – eine »Toolbox« für die Regenerative Medizin.

Maßgeschneiderte Implantate

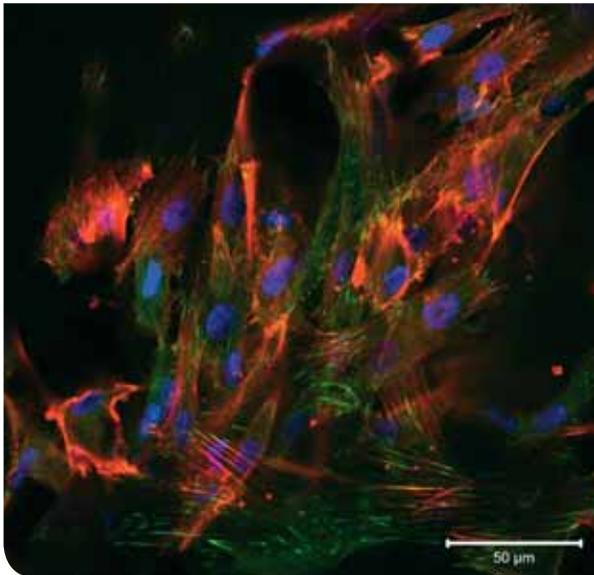
»Einen universellen Knochenersatzstoff, der allen Anforderungen genügt, kann es gar nicht geben«, sagt Heike Walles. »Sie benutzen ja auch nicht ein und dasselbe Auto, um auf dem Nürburgring Rennen zu fahren und die Sahara zu durchqueren. Genauso benötigen Chirurgen je nach Patient und Befund unterschiedliche Materialien.« Die im Projekt VascuBone entwickelte Toolbox liefert jetzt die Komponenten, aus denen Mediziner in Zukunft ein maßgeschneidertes Implantat zusammenfügen können.

Kernstück des chirurgischen Baukastens ist ein neuartiges Material, das vom menschlichen Organismus gut aufgenommen und in das Knochengewebe eingebaut wird, berichtet Heike Walles: »Wir haben mit unterschiedlichen Stoffen experimentiert. Die besten Ergebnisse lieferte ein diamantbeschichtetes, großporiges Keramikgranulat. Es ist bioverträglich und stimuliert das Wachstum der Knochenzellen.«

Den zweiten Baustein der Toolbox bilden Proteine, die aus dem Blut der Patienten gewonnen werden und das Knochenwachstum fördern. Die dritte Komponente besteht aus Zellen aus dem Blut beziehungsweise Rückenmark des Patienten.

Zellen auf Calciumphosphat: Zellskelett (rot), Zellverbindungen (grün), Zellkerne (blau).
© Fraunhofer IGB

Zellen auf diamantbeschichtetem Substrat: Zellskelett (rot), Zellverbindungen (grün), Zellkerne (blau). © Fraunhofer IGB



Die Projekt-Partner

- Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Deutschland
- Royal Institute of Technology KTH, Schweden
- DiaCoating GmbH, Österreich
- University of Uppsala, Schweden
- University of Bergen, Norwegen
- Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Deutschland
- Universität Innsbruck, Österreich
- Medical University of Innsbruck, Österreich
- MRB Research Center, Deutschland
- nanoPET Pharma GmbH, Deutschland
- PP-Polymer AB, Schweden
- Medicyte GmbH Heidelberg, Deutschland
- Topass GmbH Berlin, Deutschland
- Evonik Industries, Deutschland

Diese sorgen dafür, dass das Implantat vom Körper nicht abgestoßen wird. Kultiviert werden diese Zellen in einem Bioreaktor, der ähnlich temperiert ist wie der menschliche Körper. Im gleichmäßig warmen Milieu vermehren sich die Zellen und überziehen schließlich die gesamte Oberfläche des Granulats. Für die Versorgung haben die Forscher ein spezielles Trägersystem erarbeitet: Es besteht aus sterilisiertem Schweinedarm. Der wird mit dem Granulat befüllt und über die im Gewebe angelegten röhrenförmigen Adern mit Blut versorgt.

Die drei Bausteine sollen Chirurgen künftig ein flexibles Arbeiten ermöglichen: Bei kleinen Defekten mag es reichen, nur das Pulver einzustreuen, müssen hingegen größere Teile rekonstruiert werden, lassen sich mit der Toolbox passgenaue und bioverträgliche Implantate herstellen.

Dass die neuen Knochenersatzstoffe halten, was sie versprechen, haben die Forscher in vorklinischen Studien untersucht. Experimente in Schweden und Norwegen zeigten, dass die Implantate das Wachstum von Tumoren nicht beschleunigen. Um herauszufinden, ob das neue Material auch geeignet ist, um altersschwache Knochen wiederherzustellen, verschifft Christoph Rückert vom IGB die drei Komponenten inklusive Bioreaktor nach Australien. »Hier konnten wir die Implantate an besonders alten Schafen testen«, berichtet der Forscher. »Dabei hat sich gezeigt, dass sie auch von betagten Tieren,

bei denen das Wachstum der Knochen verlangsamt ist, gut angenommen werden.«

Innovationen am Rande

Während die Wissenschaftler an den Komponenten der Toolbox tüftelten, haben Ingenieure und Techniker in verschiedenen Unternehmen die Produktentwicklung unterstützt, Produktionsprozesse und bildgebende Verfahren erarbeitet. Bei Medicyte GmbH in Heidelberg beispielweise wurde die Kultur von Zellen optimiert. Und die Experten im MRB Research-Center in Würzburg haben neue Spulen für die Visualisierung mit Magnet-Resonanz-Imaging entwickelt. Ein Spin-off des EU-Projekts verfügt über das Know-how, Implantatmaterialien passgenau anzufertigen.

Mittlerweile hat die Toolbox alle vorklinischen Studien erfolgreich absolviert. Auch die CE-Zertifizierung hat das Granulat bestanden. Das Projekt VasuBone ist damit abgeschlossen, die klinischen Studien können beginnen. Sobald auch sie beendet sind, werden Patienten von dem neuen Knochenersatzmaterial profitieren. Das wird jedoch noch einige Jahre dauern. ■



www.fraunhofer.de/audio
online ab 13. April 2015

Solarzellenkontakte aus der Tube

Um mehr Strom aus erneuerbaren Quellen gewinnen zu können, müssen auch Solarzellen leistungsfähiger werden. Eine neue Art der Kontaktierung macht die blauen Scheiben effizienter.

Text: Brigitte Röthlein

Mit dem Dispensierautomat lassen sich die Solarzellenkontakte dünner aufbringen. © Fraunhofer ISE

Inzwischen gehören sie zum Alltag, die blauen Dächer in den Ortschaften und die Solarzellenfelder außerhalb. Und auch der Anteil der Photovoltaik an unserem Strommix wächst. Im vergangenen Jahr lieferte die Sonne nach Angaben des Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft BDEW 35,2 Milliarden Kilowattstunden Strom, das entspricht 5,8 Prozent der Bruttostromerzeugung in Deutschland. Insgesamt stammt mehr als ein Viertel der elektrischen Energie aus erneuerbaren Quellen. Bis 2050 sollen jedoch 80 Prozent des Stromverbrauchs mit regenerativen Energien gedeckt

werden. Damit das gelingt, muss auch der Wirkungsgrad der photovoltaischen Zellen steigen. Dr. Florian Clement vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg setzt bei der Kontaktierung der Solarzellen an, um sie effizienter zu machen.

Hintergrund: Damit der Strom, den das Licht in den Siliziumscheiben erzeugt, abgeführt und genutzt werden kann, benötigt jede Solarzelle eine metallische Kontaktierung auf ihrer Vorder- und Rückseite. In der Regel befindet sich hierzu

auf der Rückseite eine ganzflächige metallische Kontaktschicht aus Aluminium. Auf der Vorderseite hingegen, durch die das Sonnenlicht einfällt, bestehen die Kontakte aus einem Gitter von sehr dünnen Streifen aus Silber. Sie sollten ganz schmal sein, damit das Licht möglichst ungehindert auf die Oberfläche fallen kann. Andererseits benötigt man aber einen gewissen Querschnitt, damit ausreichend Strom durch die Leitungen fließen kann. »Bislang werden diese Kontakte im Siebdruckverfahren hergestellt«, erklärt der Wissenschaftler. »Dies erfordert eine gewisse Breite, damit die Stege sich lückenlos fertigen lassen. Wenn man sie noch schmaler machen will, um den Lichteinfall zu verbessern, stößt man mit der Siebdrucktechnik an ihre Grenzen.« Dabei wären Kontakte mit einer Basisbreite von 20 bis 30 und einer Höhe von knapp 20 Mikrometern ideal. Der Querschnitt dieser »Finger« sollte möglichst parabelförmig sein und ihre Dicke überall gleich, damit der Strom gleichmäßig hindurchfließen kann. Doch solche winzigen und exakten Abmessungen lassen sich mit Siebdruck sehr schwer erreichen. Durch den Einsatz der Siebe werden die Finger nie gleichmäßig: Ihr Verlauf zeigt eine Berg- und Talbahn. Außerdem können sie an den Rändern auslaufen.

Dispens-Technologie verspricht höhere Wirkungsgrade

Clement und sein Team entwickelten deshalb zusammen mit den Industriepartnern Merck, Heraeus und ASYS eine neue Technologie, mit der sich äußerst feine Kontakte zuverlässig aufbringen lassen. »Wir entschieden uns für die Dispens-Technologie«, sagt der Forscher. »Dabei werden die vom Projektpartner Heraeus neu entwickelten Silberpasten durch sehr feine Öffnungen eines Druckkopfes gedrückt, ähnlich wie Zahnpasta aus der Tube.« Allerdings geht es hier um winzige Düsendurchmesser von ca. 50 Mikrometer – das entspricht etwa der Dicke eines menschlichen Haars.

Ausgehend von Inkjet-Druckköpfen entwickelten die ISE-Forscher Ausgabevorrichtungen, sogenannte Dispenser, welche die Silberpasten-Würstchen in gleichbleibender Geometrie auf die Silizium-Wafer aufbringen. Mit Computersimulationen erprobten sie vorab, welche Geometrie am sinnvollsten ist und wie flüssig die Pasten sein müssen, damit sie sich zuverlässig aufbringen lassen. Auf diese Weise gelang es ihnen, entsprechende Druckköpfe zu bauen, die nicht verstopfen und eine hohe Durchlaufgeschwindigkeit ermöglichen. Da die Solarzellen-Wafer von einer Vielzahl von Kontaktfingern in wenigen Millimetern Abstand überzogen sein müssen, konstruierten Clement und seine Mitarbeiter Druckköpfe mit parallel geschalteten Düsen, die gleichzeitig mehrere Kontakte herstellen können. Der Prototyp hat zehn Düsen, derzeit arbeiten die Forscher an einem Druckkopf mit 50 Düsen.

Der Industriepartner ASYS entwickelte unter Einbeziehung des Prototyps einen Dispensautomaten, der im Frühjahr 2014

am ISE in Betrieb genommen wurde. Dieser kann einfach in den herkömmlichen Fertigungsprozess einer Standard-Solarzelle integriert werden, ist also inline-fähig. »An unserem Institut steht uns mit dem Photovoltaik Technologie Evaluationscenter PV-TEC eine hervorragende Infrastruktur für derartige Neuentwicklungen zur Verfügung«, betont Projektleiter Clement. »Hier können wir alle Schritte von der Charakterisierung des Fließverhaltens der Medien bis hin zur Herstellung hocheffizienter Silizium-Solarzellen auch unter industrienahe Bedingungen durchführen.«

Weniger Ressourceneinsatz und trotzdem mehr Stromausbeute

Die Ergebnisse überzeugen: »Unsere neu entwickelte Methode hat eine Reihe von Vorteilen gegenüber dem herkömmlichen Siebdruckverfahren«, sagt Florian Clement. »Sie erlaubt schmalere und höhere Finger, so dass wir bereits mit dem Prototyp bessere Stromausbeuten erzielen und den Wirkungsgrad der Solarzellen um zwei Prozent relativ erhöhen konnten.« Außerdem wird weniger Silberpaste verbraucht. Damit sinken auch die Herstellungskosten, denn die Paste ist nach dem Silizium-Wafer das zweit teuerste Material in der Solarzellenproduktion. Ein weiterer Vorteil der neuen Technologie: Das bislang notwendige Trocknen zwischen dem Druck der Busbars und dem Aufbringen der Kontaktfinger entfällt. Bei den Busbars handelt es sich um die Leitungen, die den Strom aus allen Fingern sammeln und den Lötkontakt zur Außenwelt herstellen. Mit dem Dispensverfahren kann man nass in nass drucken. Und da die Technik berührungslos funktioniert, erwarten die Wissenschaftler, dass auch beim Einsatz dünnerer Silizium-Wafer weniger Ausschuss produziert wird.

Clement ist optimistisch, dass das hier entwickelte System das herkömmliche Vorgehen in der industriellen Fertigung bald ablösen könnte: »Mit unserer Technik lässt sich nicht nur eine besserer Fingerqualität herstellen, sondern auch die Druckgeschwindigkeit erhöhen«, sagt der Wissenschaftler. Zudem kann der bisherige Sinterungsprozess beibehalten werden. Im Vergleich zu vielen anderen neu entwickelten Druckverfahren hat das Dispens-Verfahren noch einen großen Vorteil: Die Solarzellen-Produzenten können sogar die herkömmlichen für den Siebdruck entwickelten Silberpasten weiterverwenden. Eine leichte Modifikation hin zu etwas dickflüssigeren Pasten erlaubt sogar noch bessere Ergebnisse. »Solarzellenhersteller sind sehr interessiert an der neuen Technologie. Sie stellen uns Testwafer zur Verfügung, die wir mit unserem System metallisieren«, berichtet Florian Clement.

Die ISE-Forscher planen schon weiter: Sie wollen die vorhandene Anlage ausbauen. Demnächst soll das System dann mit zunächst 50 und später 100 Düsen parallel arbeiten. So lässt sich die Produktionsgeschwindigkeit der effizienten Solarzellen noch weiter steigern. ■



Verladung von Stahlrohren für einen Offshore-Windpark. © Wolfhard Scheer/ Fraunhofer IWES

Auf Biegen und Brechen

In Hannover hat das Testzentrum für Tragstrukturen seinen Betrieb aufgenommen. Dort wird untersucht, ob Windräder Sturm, Regen, Wellen und Salzwasser standhalten.

Text: Frank Grotelüschen

Heftige Böen, Regen und manchmal schlägt sogar der Blitz ein: Windenergieanlagen sind zum Teil harschen Bedingungen ausgesetzt. Noch rauer geht es auf hoher See zu: Stürme, Wellen und aggressives Salzwasser machen Offshore-Parks zu schaffen. Damit Windanlagen sicher und zuverlässig laufen, muss ihre Technik vorab auf Herz und Nieren geprüft werden. In Niedersachsen wurde dafür vor wenigen Monaten einer der größten und modernsten Versuchsstände der Welt – das Testzentrum für

Tragstrukturen Hannover (TTH) – eröffnet. Dort untersuchen Experten des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES Komponenten oder ganze Windräder und nehmen sie bei definierten Laborbedingungen unter die Lupe. Gebaut wurde die 26 Millionen Euro teure Anlage von der Universität Hannover.

Das Prüfzentrum verfügt über zwei Großversuchseinrichtungen: In der »Grundbau-Versuchsgrube« lassen sich an Modellen im Maßstab 1:10 neue Konzepte für die Verankerung der Windräder im Meeresboden erproben. Und auf dem »Spannfeld« traktieren die Experten Turmsegmente und Stützstrukturen mit enormen Kräften und stellen die Belastungen durch Wind und Wellen im Zeitraffer nach. Die Resultate liefern wichtige Indizien, wie sich die Komponenten stabiler und haltbarer bauen lassen. »Gerade für die Offshore-Windkraft ist das eine zentrale Frage, denn Wartung und Reparatur auf hoher See sind kost-

spielig«, erläutert Maik Wefer, Leiter des Bereichs Strukturkomponenten beim Fraunhofer IWES.

Besonders wichtig ist es, die Windenergieanlagen möglichst sicher und effizient im Meeresgrund zu verankern. Im Testzentrum in Hannover lassen sich verschiedene Bauverfahrenstechniken in einem überdimensionalen »Sandkasten« simulieren: Die »Grundbau-Versuchsgrube« ist ein rechteckiges Loch im Hallenboden, 14 Meter lang, neun Meter breit und zehn Meter tief. Gefüllt ist sie mit 1250 Kubikmetern Sand. Vier Brunnen feuchten ihn an, eine extreme Verdichtung sorgt dafür, dass die Bedingungen denen im Meeresgrund ähnlich sind.

Fraunhofer-Ingenieur Martin Kohlmeier nutzt die Sandgrube für das Verbundprojekt UnderwaterINSPECT, in dem Technologien zur zuverlässigen und effizienten Prüfung von Unterwasser-Tragstrukturen an Offshore-Windener-



Meeresboden im Modellformat: Im Testzentrum werden Bauverfahren wie das schonende Einvibrieren von Stahlpfählen untersucht. © Fraunhofer IWES

gieanlagen entwickelt werden. Zunächst presst ein Spezialbagger einen 7,50 Meter langen, baumstamm-dicken Metallpfahl in den feuchten Sand. »Dabei wird der Pfahl nicht mit Schlägen in den Boden gerammt«, erläutert Kohlmeier. »Stattdessen versetzt ihn eine Spezialmechanik in Schwingung, sodass sich er sich in den Grund einvibriert.«

Am Ende ragt der Pfahl nur einen guten Meter aus der Grube. Auf ihn werden die Experten ein sechs Meter hohes Turmsegment aufschrauben – quasi ein Windrad-Modell im Maßstab 1:10, allerdings ohne Gondel und Rotor. Dann soll ein »Shaker« montiert werden, der die Konstruktion über Wochen hin- und herrüttelt. Kräftige Stöße eines Hydraulikzylinders simulieren extreme Windböen und Brecher. Um feststellen zu können, ob die Tragstruktur diesen extremen Belastungen standhält, hat Kohlmeiers Team das Modell mit Sensoren bestückt, die Dehnung,

Neigung und Beschleunigung messen. Sie erfassen, wie der Modellturm auf die Attacken von Shaker und Hydraulikzylinder reagiert.

»Uns interessiert, inwieweit wir aus den Sensordaten auf das Geschehen in der Sandgrube schließen können, also quasi im Meeresgrund«, sagt Martin Kohlmeier. »Verändert sich die Tragstruktur im Laufe des Versuchs, kommt es zu Schäden?« Die Ergebnisse sollen der Industrie helfen, ihre Sensorsysteme zu prüfen und zu verbessern – mit der Hoffnung, aufwendige Inspektionen durch Taucher und Unterwasserroboter reduzieren zu können.

Später wollen die Ingenieure auch neue Konstruktionskonzepte erproben. »Unser Ziel ist es, schallarme Gründungssysteme zu entwickeln, die beim Bau möglichst wenig Lärm machen und die Meeressäuger weniger stören«, erklärt Maik Wefer. Die Idee: Statt die Fundamente

lautstark in den Meeresgrund zu rammen, ließe sich auch ein Windrad mit sogenannten Suction Buckets verankern – vereinfacht gesagt sind das umgedrehte Eimer, die durch Saugprozesse am Boden installiert werden.

Die Langzeitversuche in Hannover sollen zeigen, ob diese Suction Buckets den Windrad-typischen Belastungen standhalten. Wie muss man sie auslegen, damit sie eine ausreichende Stabilität gewährleisten? Durchaus ein Balanceakt: Werden die Komponenten zu klein dimensioniert, könnte die Standsicherheit gefährdet sein. Legt man sie zu groß aus, sind sie durch hohe Material- und Logistikaufwendungen zu teuer und damit unwirtschaftlich. »Außerdem helfen unsere Versuche dabei, die Ergebnisse von Computersimulationen zu überprüfen«, sagt Wefer. »Solche Rechnerprogramme zählen zu den wichtigsten Werkzeugen der Hersteller und können durch unsere Versuche noch zuverlässiger werden.«

Das gilt auch für die Experimente im zweiten TTH-Großgerät, dem Spannfeld: Eine massive, 200-Quadratmeter-Betonplatte ist an zwei Seiten durch eine hohe, rechtwinklige Betonwand begrenzt. Zwischen Boden und Wand wird ein Prüfling eingespannt, zum Beispiel ein Turmsegment. Dann treten die 14 Hydraulikzylinder in Aktion, die bis zu 200 Tonnen auf das Testobjekt einwirken. Sie ziehen, zerrn und pressen mit enormer Wucht an ihm, ähnlich wie Extremwellen oder Orkanböen in Realität.

Während der Versuche überwachen Messfühler den Zustand des Bauteils, ab und zu durchleuchten es die Forscher mit Ultraschall. Auf Wunsch lassen sie die Komponenten vor der Spannfeld-Untersuchung in der »Klimakammer« im Zeitraffer künstlich altern – die Materialermüdung wird unter Temperaturwechseln, Salzsprühnebel-Behandlung und intensiver UV-Bestrahlung beschleunigt. Hier können die Experten die unterschiedlichsten Wetterbedingungen einstellen – von kaltem Nebel bis zu warmem Tropenregen, auch der Salzgehalt ist variierbar. Geplant sind Dauertests mit einem oft zerstörerischen Finale: Am Ende der Messreihen wollen die IWES-Fachleute die Kräfte derart steigern, dass der Prüfling birst, bricht oder verbiegt. Denn: »Nur wenn die Grenzzustände bekannt sind«, sagt Maik Wefer, »lässt sich eine Anlage wirklich sicher und wirtschaftlich auslegen.« ■



Schnell und dauerhaft laden



PowerCaps vereinen die Vorteile von Batterien und Superkondensatoren.
© Fraunhofer IPA

Mal eben den leeren Akku wieder aufladen – nicht in 30 Minuten, sondern in wenigen Sekunden oder maximal einigen Minuten: Das wünschen sich nicht nur Nutzer von Smartphones oder Akkuschaubern, sondern auch Stromanbieter, die bei Sturm oder schönen Wetter Überschussenergie dauerhaft speichern wollen. Bislang sind Superkondensatoren, kurz Supercaps, das Mittel der Wahl, wenn Energieströme von bis zu zehn Kilowatt schnell aufgenommen und wieder abgegeben werden sollen.

Vorteile von Batterien und Supercaps kombinieren

Das Problem dabei: »Superkondensatoren zeichnen sich zwar durch einen sehr schnellen Speichermechanismus aus, können Energie aber nicht über längere Zeiträume vorhalten«, erklärt Henning Lormann, der Leiter des Zentrums für Angewandte Elektrochemie am Fraunhofer-Institut für Silicatiforschung ISC in Würzburg. »Ganz im Gegensatz zu den langzeitstabilen Batterien, die Strom dafür aber nur relativ langsam einspeichern«, sagt Joachim Montnacher,

Leiter des Geschäftsfelds Energiewirtschaft am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Weiterer Vorteil der Lithium-Ionen-Batterien: Sie speichern bis zu 200 Wattstunden pro Kilogramm Batteriegewicht, Supercaps nur fünf. Dafür sind die Superkondensatoren bei der Leistungsdichte überlegen: Sie stellen bis zu 10 000 Watt pro Kilogramm bereit, Lithium- oder Nickel-Metallhydrid-Batterien nicht mehr als 1500 Watt. Forscher des IPA und des ISC arbeiten unabhängig voneinander daran, die Vorteile der beiden Systeme miteinander zu verbinden. Sie setzen auf Hybridtechnologien, um elektrische Energie schnell, dauerhaft und in größeren Mengen zu speichern. Im Projekt »FastStorageBW« entwickeln Wissenschaftler des IPA gemeinsam mit Batteriehersteller Varta Microbattery und weiteren Partnern »PowerCaps«. Dieser Hybrid-Speicher soll eine vergleichbare Leistungsdichte und Schnellladefähigkeit aufweisen wie Supercaps sowie eine Energiedichte, die an die herkömmlicher Batterien heranreicht. Zudem arbeiten die Experten daran, dass die PowerCaps hundert Mal mehr Ladezyklen als Batterien überstehen und die Energie über mehrere Wochen

Elektrische Energie in kurzer Zeit, stabil und in größeren Mengen zu speichern, war bisher mit großem Aufwand verbunden. Hybridtechnologien eröffnen neue Möglichkeiten.

Text: Michaela Neuner

ohne nennenswerte Verluste speichern können. Um das zu erreichen, setzen die Forscher auf Elektroden mit funktionalisierten Graphen-Nanoplättchen. Denn kein anderer Werkstoff verfügt über eine höhere spezifische Oberfläche als das neuartige Material Graphen (siehe auch Artikel Seite 58). Und je größer die Oberfläche ist, desto mehr Energie lässt sich speichern. Die fünf bis 20 Nanometer dicken Kohlenstoffplättchen werden am IPA in einem speziell entwickelten Verfahren für die PowerCap-Elektroden hergestellt. Das »FastStorageBW«-Konsortium plant etwa 60 Millionen Euro in diese Zukunftstechnologie zu investieren. Das Ministerium für Finanzen und Wirtschaft des Landes Baden-Württemberg beteiligt sich mit 25 Millionen Euro daran.

Anfang 2015 startete die zweite Phase des Projekts »FastStorageBW«, welche direkt in die Serienproduktion der neuen Speicherzellen münden soll. »Wir decken alle dafür nötigen Aspekte ab – von der Materialentwicklung über die Produktionstechnik bis hin zur Klärung sicherheitstechnischer Fragen«, berichtet Projektkoordinator Montnacher. Letztere übernimmt das



Entwicklung neuartiger Hochleistungs- und Hochenergiespeicherzellen (Powercaps) mit langer Lebensdauer und ultraschneller Aufladung.
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal bei Karlsruhe, während Projektpartner Varta Microbattery am Standort Ellwangen bereits eine Technikumsanlage plant, in der die Basis für die Massenproduktion der neuen Speicherzellen entstehen soll. Das Marktpotenzial ist laut Varta-CEO Herbert Schein erheblich: »In den nächsten vier bis sechs Jahren könnte es bei zwei bis drei Milliarden Euro liegen.«

Aktivmaterial – der Schlüssel zu neuen Speicherkonzepten

Um Vorzüge von Batterien und Supercaps zusammenzubringen, kombinieren Forscher des ISC die elektrochemische Energiespeicherung über Redoxreaktionen der Lithium-Ionen-Batterien mit dem Doppelschichteffekt, der in Superkondensatoren eine Ladungstrennung an den Grenzflächen zwischen Elektrode und Elektrolyt bewirkt. Die Schlüsselrolle spielt das Aktivmaterial auf den Elektroden. Die Experten setzen Aktivkohle mit einer speziellen Beschichtung aus Lithium-Eisen-Phosphat-Partikeln ein. Dieser Hochleistungs-Material-Mix ist eine Neu-

entwicklung. Er ging aus dem Forschungsprojekt des ISC »EnergyCap« hervor. »Unsere Lithium-Ionen-Kondensatoren zeigen eine erstaunlich hohe Kapazität. Es addiert sich nicht nur der Superkondensator-Anteil zum Batterieanteil. Die Verbindung von Beschichtung und Aktivkohle erzeugt außerdem eine erhebliche Steigerung der Energiedichte bei hohen Laderaten, die deutlich größer als bei vergleichbaren Aktivmaterialien ausfällt«, berichtet Lorrmann. Derzeit erarbeiten die Wissenschaftler in dem vom Freistaat Bayern geförderten Verbund-Projekt »SEEDs« die Spezifikationen für einen Einsatz ihrer Hybridzellen in stationären Speichern.

Die neuartigen Hybridtechnologien vom IPA und ISC sind nicht nur fürs schnelle Laden elektronischer Geräte oder die Speicherung von Strom aus erneuerbaren Energien interessant, sie können auch die Elektromobilität voranbringen. »In Elektrofahrzeugen wird die Bremsenergie schlicht verschwendet, weil eine Rückspeicherung zu aufwändig ist«, erklärt Lorrmann. Denn die derzeit in E-Autos verwendeten Lithium-Ionen-Batterien sind viel zu träge, um die beim Bremsen oder im

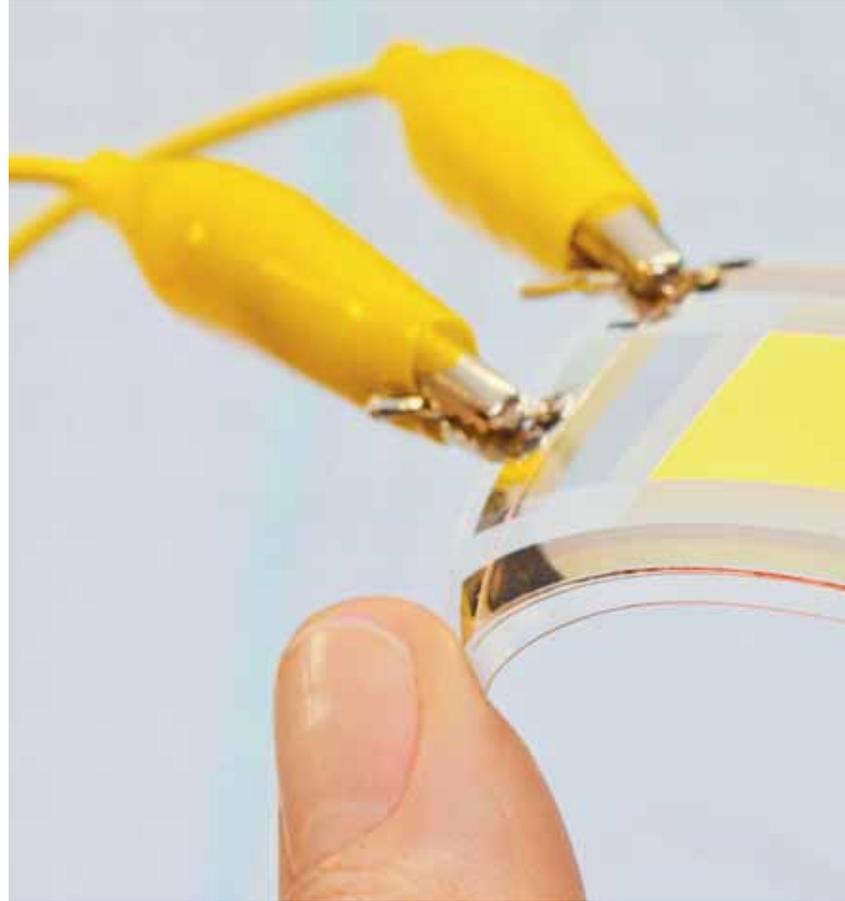
Schubbetrieb – also beim Ausrollen mit Motorbremse – frei gesetzte Energie aufnehmen zu können. Um diese aufzufangen, müsste zusätzlich eine große Kondensatorbank eingebaut werden. »Eine praxistaugliche Lösung wäre ein einziger Speicher, der Batterie- und Kondensatoranteile in sich vereint«, betont Lorrmann. Dass sich solche Systeme lohnen, rechnet Montnacher vor: »Allein durch die Energierückgewinnung, die Rekuperation, könnten Elektroautos bis zu 20 Prozent Energie einsparen. Auch bei Gabelstaplern und Lagertechnikfahrzeugen wie Regalbediengeräten erschließt regeneratives Bremsen ein Einsparpotenzial von bis zu 20 Prozent, was etwa drei Kilowattstunden pro Schicht entspricht.«

Die neuen Hybridspeicher können einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten. Denn sie ermöglichen es, kurzfristig auftretende Energieüberschüsse von Windkraft- oder Photovoltaikanlagen zu speichern, Lastspitzen abzufedern, wenn in Fabriken mehrere Maschinen mit einem großen Strombedarf gleichzeitig hochfahren, und gewinnen über Rekuperation Energie zurück. ■

Leuchtende Zukunft

Hauchdünne Smartphones mit flexiblen Displays, leuchtende Wände oder ungewöhnlich gestaltete Rücklichter – OLEDs eröffnen neue Lichtwelten und Designmöglichkeiten. Doch hohe Fertigungskosten verhindern bislang die breite Verwendung der organischen Leuchtdioden. Im Projekt R2D2 erforscht Fraunhofer gemeinsam mit Industriepartnern, wie sich OLEDs schnell und kostengünstig produzieren sowie in konkrete Anwendungen einbinden lassen.

Text: Mandy Kühn



Schon der Projektname klingt futuristisch, doch mit dem Droiden aus Star Wars hat R2D2 nichts zu tun. Das Kürzel steht für »Roll to Device 2« – von der Rolle zum Bauteil. Ziel ist es, Technologien für die Produktion von flexiblen OLEDs vom Herstellungsprozess bis zur Systemintegration möglichst anwendungsnah zu untersuchen.

Ein besonderes Augenmerk der Forscher liegt dabei auf aktuellen Herausforderungen wie der Langlebigkeit, Effizienz und Homogenität der Leuchtdichte. Im Zuge des öffentlich geförderten Projekts sollen Prototypen entstehen, welche die Hersteller direkt in ihre Fertigung einsetzen können. Dazu haben sich sieben Partner – darunter Osram OLED, Audi, Diehl Aerospace oder Hella – unter der Koordination des Fraunhofer-Instituts für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP in Dresden zusammengetan. Die direkte Beteiligung industrieller Hersteller und Anwender von OLEDs soll sicherstellen, dass die Ergebnisse möglichst schnell

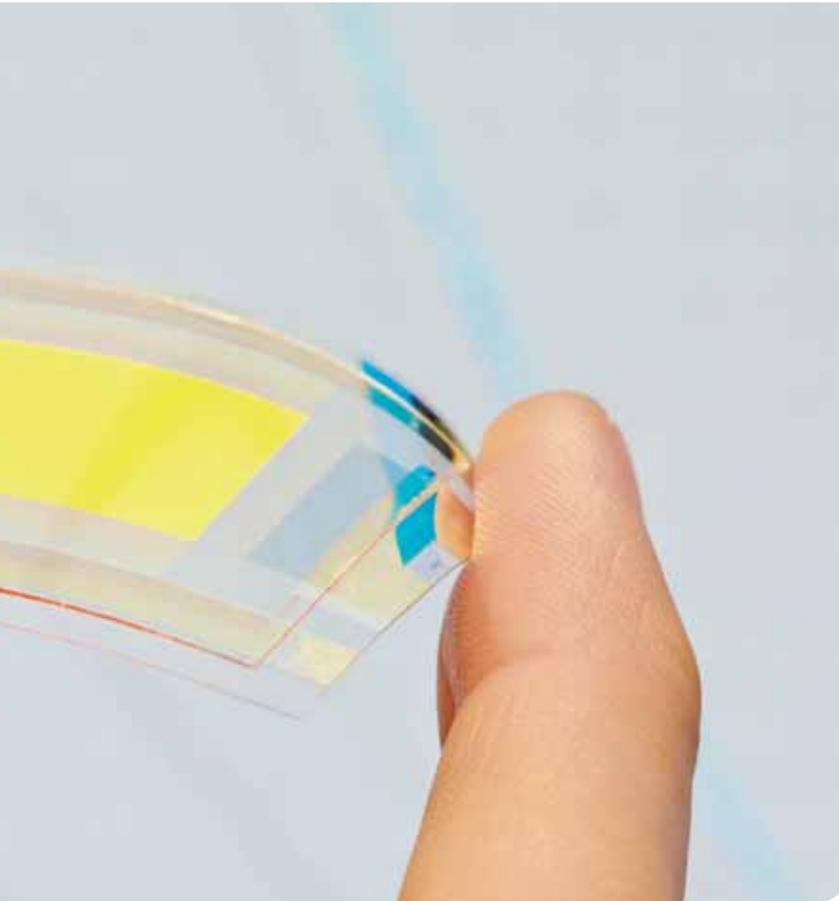
ihren Weg in die Produktionshallen finden. Organische Leuchtdioden, kurz OLEDs, bestehen aus halbleitenden Kohlenwasserstoffverbindungen, die in einer bestimmten Anordnung als dünne Schichten von 0,1 Millimeter auf ein Trägersubstrat aufgetragen werden. Sobald eine Spannung angelegt wird, leuchten sie. Als Träger sind bislang meist starre Glassubstrate im Einsatz. Der Trend geht jedoch zu elastischen, flexiblen Folien: Diese bieten noch mehr Anwendungs- und Designmöglichkeiten – etwa Licht auf gewölbten Flächen, biegsame Displays oder neue Autobeleuchtungen.

Kontinuierlich oder stückweise?

Im Unterschied zu anorganischen LEDs, bei denen punktförmiges Licht aufwändig auf eine Fläche erweitert werden muss, sind OLEDs per se leuchtende Flächen. Da ihr Spektrum dem der Sonne sehr ähnlich ist, haben sie zudem eine angenehme Lichtqualität. Verglichen mit

herkömmlichen LEDs besteht ein großer Vorteil darin, dass man OLEDs in großem Stil »drucken« kann. Doch derzeit gibt es gerade mal eine Handvoll Pilotfertigungslinien weltweit, deshalb sind flexible OLEDs auch noch sehr teuer. Die zwei vielversprechendsten Produktionskonzepte nehmen die Forscher im R2D2-Projekt in einem ersten Schritt unter die Lupe: Beim Rolle-zu-Rolle-Verfahren lassen sich meterlange Bahnen an einem Stück in einem kontinuierlichen Prozess beschichten. Damit können die Substrate, auf denen die Leuchtstoffe aufgebracht sind, einfacher verarbeitet werden. Ein Nachteil: Dafür sind neue und teure Produktionsanlagen erforderlich.

Beim Sheet-to-Sheet-Verfahren werden hingegen einzelne kleinere Folienabschnitte bedruckt. Hierfür lassen sich weitgehend existierende Anlagen nutzen – ein Grund dafür, warum Unternehmen heute vor allem diese Technologie einsetzen. Da jede Folie einzeln produziert wird, können Hersteller bei einem Fehler zwar schnell



R2D2-Projektsteckbrief

Laufzeit: 1.10.2013 bis 30.09.2015

Umfang: 10,4 Millionen Euro (ca. 50 Prozent Förderanteil durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF)

Partner: – OSRAM OLED GmbH, Regensburg
– Hella KGaA Hueck & Co., Lippstadt
– Novaled GmbH, Dresden
– Von Ardenne GmbH, Dresden
– Fraunhofer FEP, Dresden
– Audi AG, Ingolstadt
– Diehl Aerospace GmbH, Nürnberg

Flexible OLED, hergestellt im Sheet-to-Sheet Verfahren. © Fraunhofer FEP

ler in den Produktionsprozess eingreifen, aber das macht das Verfahren insgesamt aufwändiger. Die Forscher untersuchen nun, welche Vor- und Nachteile die jeweilige Fertigungstechnik hat. »Am Ende soll eine Plus-Minus-Liste stehen, anhand der die Hersteller entscheiden, welches Verfahren für sie das lohnendere ist«, erklärt R2D2-Projektleiter Dr. Christian May am FEP.

Nah an den Anwendungen zu sein, hat oberste Priorität bei dem Vorhaben. Deshalb hat das Projektkonsortium drei Einsatzfelder für seine Forschung auserkoren. Zum einen plant Audi 2016 ein OLED-Rücklicht bei Pkws einzuführen. Dafür erstellt Osram einen Prototyp, den Audi testet und für die Rückleuchte weiter verwendet. Die Leuchttechnologie bringt in diesem Feld vor allem dadurch Wettbewerbsvorteile, dass sie Designern ganz neue Möglichkeiten eröffnet. Zum anderen soll im Bereich Luftfahrt eine OLED-Kabinenbeleuchtung für Flugzeuge entwickelt werden. Die dünnen Leuchtflächen

sparen vor allem Gewicht und damit Treibstoff. Hier stellt Fraunhofer einen Prototyp für Diehl Aerospace her. Ein weiteres Einsatzgebiet, das im Projekt im wahrsten Sinne des Wortes beleuchtet wird, sind Kühlschränke. Hier sorgen OLEDs in Wänden oder Zwischenböden für ausreichend Licht, ohne Platz für klobige Lampen zu verschwenden.

Damit die Forscher möglichst konkret den Bedarf der Industrie kennen, haben sie zunächst Hersteller befragt, was sie wollen. »Diese Anforderungen unterziehen wir zunächst einem Realitätscheck«, erläutert Koordinator Christian May. »Wir prüfen zum Beispiel, ob sich die gewünschten extremen Biege-Radien oder bestimmte Farben überhaupt umsetzen lassen. Im Weiteren erarbeiten wir eine Roadmap sowie erste Prototypen, welche die Hersteller in ihre jeweiligen Anwendungen integrieren. Nach ausführlichen Tests geben sie uns dann ihre Rückmeldungen, die wir wiederum in die

Prototypenproduktion einfließen lassen.« Größte Herausforderung dabei ist es, die Effizienz und Lebensdauer der Leuchten zu verbessern, was vor allem bei flexiblen Produkten schwierig ist. Bisher liegt die durchschnittliche Lebensdauer bei einigen Tausend Stunden. May und sein Projektteam wollen sie künftig auf mehr als 10 000 Stunden ausweiten. Dazu untersuchen die Forscher einerseits geeignete langlebige und hocheffiziente Materialien und andererseits neue Aufbau- und Verbindungstechnologien.

Arbeiten zur OLED-Fertigung

Das COMEDD, das zum Juli 2014 ins FEP integriert wurde, baute seit 2007 weltweit erstmals eine Rolle-zu-Rolle-Fertigungstechnologie für OLEDs auf. 2009 wurde darauf die erste kleine OLED produziert und 2010 liefen sie erstmals über mehrere Meter vom Endlosfließband – damals noch in monochrom Grün. 2012 fertigen die Forscher die erste weiße OLED. ■

Genuss bis zum letzten Tropfen

Dank der neuen Oberflächenveredelung »Drop Protect« sind Karaffen und Dekanter tropffrei.

Text: Isolde Rötzer

Gleich kommen die Gäste. Den Rotwein hat der Gastgeber schon vorab dekantiert, damit der gute Tropfen seinen Geschmack optimal entfalten kann. Doch schon beim ersten Glas passiert das Malheur: Die Karaffe tropft auf die teure Tischdecke, es entstehen hässliche Flecken, die sich nur schwer entfernen lassen. Das Problem wäre vermeidbar gewesen: Experten des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC in Würzburg haben zusammen mit der Zwiesel Kristallglas AG eine Oberflächenveredelung entwickelt, die die Bildung von Tropfen verhindert.

Um den Nachtropf-Effekt bei Gläsern zu verhindern, experimentierten die Forscher mit Fluorsilan, genauer mit fluorsilanhaltigem Hybridpolymersol, einem ORMOCER®, das eigentlich für den Oberflächenschutz von Metallen entwickelt worden war. Das Ergebnis war perfekt – das Material eignet sich auch für Glas. »Wir behandeln die Ränder der Gefäße mit fluorsilanhaltigem Hybridpolymer. Das Material erniedrigt die Oberflächenenergie. Wasser oder Wein benetzen daher nicht mehr den Rand, sondern fließen ins Glas oder in die Karaffe zurück«, erklärt Karl Joachim Deichmann, Mitarbeiter im Bereich Werkstoffchemie am ISC. So lassen sich auch unschönen Flecken am Glasrand vermeiden. Weiterer Vorteil: Man kann beim Einschenken genauer dosieren.

Form und Funktion

Das neue Material wird am ISC hergestellt und an Zwiesel Kristallglas geliefert. Im Produktionsprozess tragen Mitarbeiter des Glasherstellers das Beschichtungssol von Hand auf die Oberflächen der fertig geblasenen Gläser auf, bevor diese etwa 30 Minuten lang bei 180 Grad Celsius aushärten. Anschließend ist die Beschichtung stabil und für Lebensmittel geeignet.

Seit 2011 tragen alle Karaffen und Dekanter des Glasherstellers das Label DROP PROTECT. Produkte der Linie sind spülmaschinenfest, weitgehend resistent gegen Säuren und Laugen und lassen sich deshalb besonders leicht pflegen. »Wir überzeugen



Mit der flüssigkeitsabweisenden Oberflächenveredelung Drop Protect wird die Tropfenbildung außen am Glas verhindert.
© Zwiesel Kristallglas

in Form und Funktion«, resümiert Gerhard Frank, Brand Manager der Zwiesel Kristallglas AG.

Flasche, Eimer & Co

Die Forschung ist damit aber noch lange nicht am Ende. Für die Wissenschaftler am ISC birgt fluorsilanhaltiges Hybridpolymersol noch viel Potenzial. »Das Material lässt sich nicht nur von Hand auftragen, denkbar ist auch der Einsatz im laufenden Produktionsprozess«, erklärt Dr. Klaus Rose, Leiter Werkstoffchemie / Hybride Schichten und Beschichtungstechnologie.

Dazu kommen andere, vielversprechende Anwendungsfelder in Haushalt und Handwerk: Ein Tropfschutz ist nicht nur bei hochwertigen Karaffen und Dekantern praktisch, sondern auch bei Flaschen, Eimern und Leitungen. Auf die Forscher wartet noch ein weites Feld. ■



FORESIGHT
Filmfestival
science meets vision



Bringen Sie Ihre Vision auf die große Leinwand!

Sie forschen? Sie arbeiten an Grundlagen, Produkten, Projekten für die Welt von morgen? Dann bringen Sie Ihre Vision am 02/07/15 in Halle an der Saale vor großes Publikum und vor die Augen einer hochkarätig besetzten Jury.

Alle Details zu Inhalten, Einreichung, Awards und Preisgeldern sowie zum Hintergrund des BMBF-Foresight-Prozesses unter:
foresight-filmfestival.de

Gefördert vom



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Unter der Leitung von



MARTIN-LUTHER
UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG

In Kooperation mit

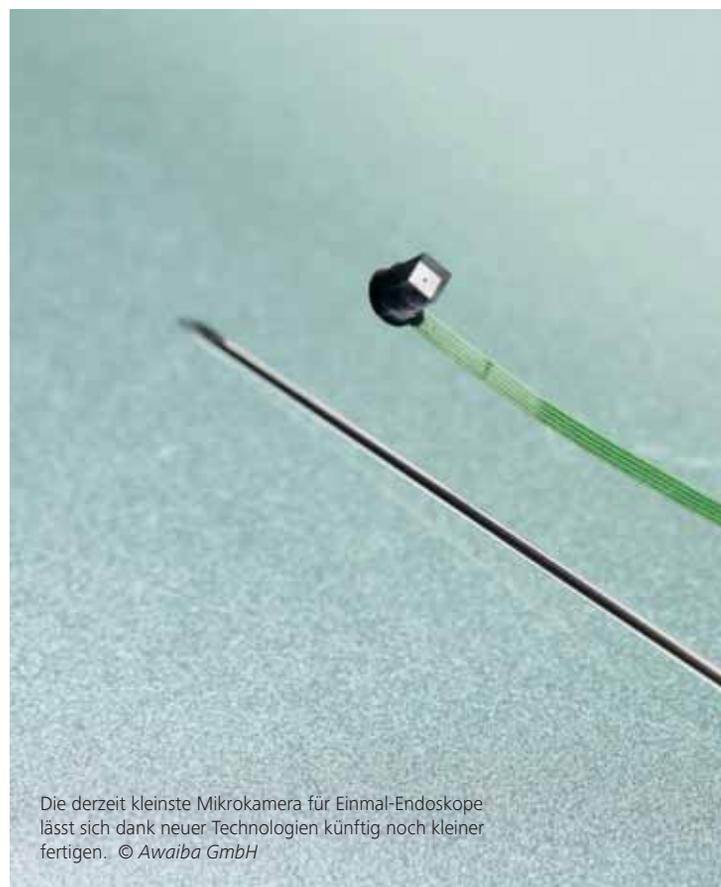
science²public
Gesellschaft für Wissenschaftskommunikation

Fraunhofer
ISI

Das Ganze denken – von Anfang an

Am Fraunhofer-Zentrum AdaptSys arbeiten Forscher an Mikroelektronik-Anwendungen von morgen: Einzelentwicklungen, die erst mühsam zu einem intelligenten Endprodukt verschmolzen werden, und innovationsfeindliches Silodenken gehören hier der Vergangenheit an. Stattdessen integrieren die Wissenschaftler die elektronischen Systeme bereits während des Herstellungsprozesses in die Produkte.

Text: Chris Löwer



Die derzeit kleinste Mikrokamera für Einmal-Endoskope lässt sich dank neuer Technologien künftig noch kleiner fertigen. © Awaiba GmbH

Viel ist vom Internet der Dinge die Rede, davon, dass Computer mit Gegenständen zu intelligenten Produkten verschmelzen, die uns wie selbstverständlich zu Diensten sind. Doch bislang ist der Weg zu eingebetteter Mikroelektronik aus einem Guss noch kompliziert und aufwändig. Sollen beispielsweise Radar- und Infrarotsensoren für Fahrerassistenten von Autos eingesetzt werden, wird jede Sensoreinheit einzeln konzipiert, entwickelt, produziert, integriert und schließlich montiert. Das dauert und kostet. Nicht nur Geld, sondern auch clevere Ideen, die erst gar nicht entstehen können, weil das Modul nicht im Ganzen gedacht wird und so seine Möglichkeiten kaum ausgeschöpft werden.

Das wollen die Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin ändern. Dort wird derzeit ein Zentrum für Mikroelektronik-Anwendungen von morgen aufgebaut – das Fraunhofer-Zentrum AdaptSys. Ziel ist es, elektronische Systeme

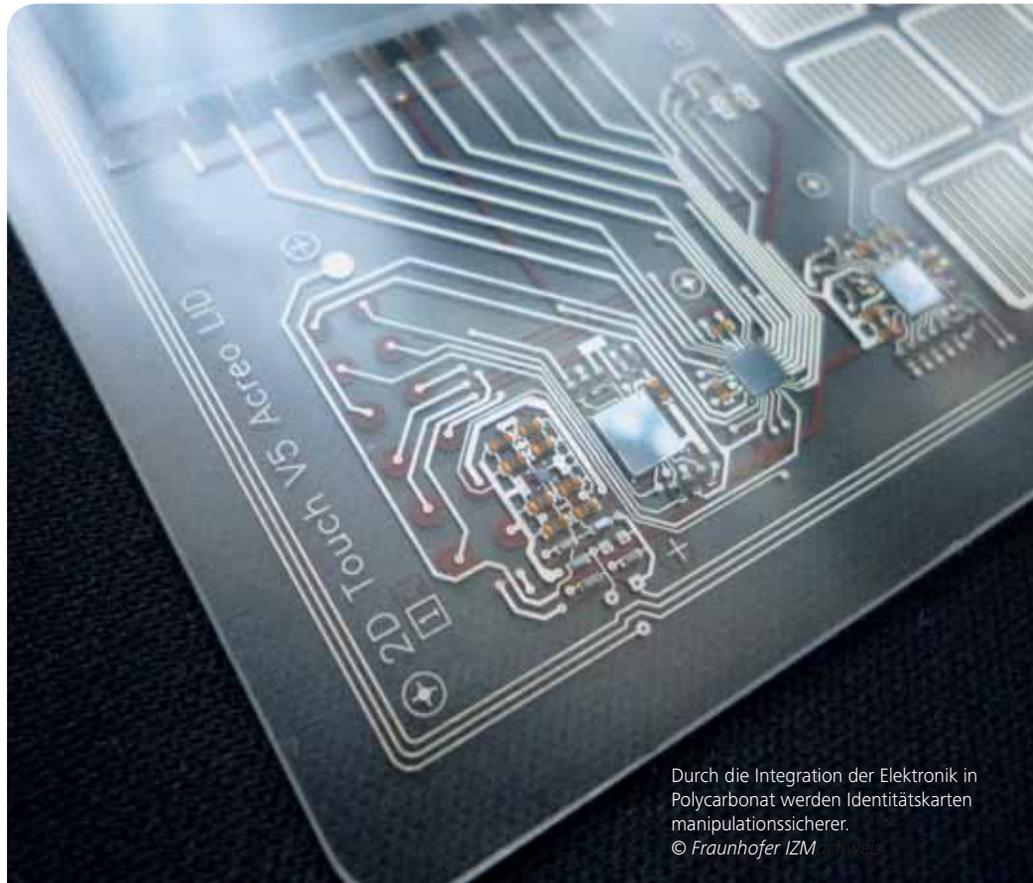
bereits während des Herstellungsprozesses in das Produkt zu integrieren und nicht wie bisher üblich die Sensorik erst nachträglich zu montieren. »Damit Innovationen künftig nicht auf der Strecke bleiben, lässt sich der Sensor beispielsweise durch Einbetttechnologien des AdaptSys-Zentrums direkt in das Fahrzeug einfügen«, sagt Rolf Aschenbrenner vom IZM, der den Aufbau des Zentrums koordiniert. »Zusätzliche Montageschritte entfallen, Fertigungskosten werden um bis zu einem Drittel reduziert und Hersteller wie Zulieferer können ein höherwertiges sowie zuverlässigeres Produkt anbieten.«

Integration in das Produkt

Egal, ob im Automobilbau, der Medizintechnik, im Maschinenbau oder bei smarten Textilien – die Fraunhofer-Forscher wollen mikroelektronische Systeme vom ersten Moment ihrer Entwicklung an in das Produkt einpassen, statt sie nachträglich zu adaptieren. Die bislang

übliche Arbeitsteilung zwischen Bauelementeherstellern, Baugruppenproduzenten und Anbietern elektronischer Systeme wird aufgehoben. »Wir wollen dazu beitragen, neuartige Technologieentwicklungen gezielt auf den Markt zu bringen«, betont Aschenbrenner. Denn lange Zeit folgten Innovationsprozesse in der Mikroelektronik einem Modell, das spätere Anwendungen kaum im Blick hatte: Halbleiterfirmen boten Chipstrukturen an – ohne spezifische Bedürfnisse von Nutzern zu berücksichtigen. »Dieser Technology-Push war einzig auf den technologischen Fortschritt in der Halbleiterindustrie abgestellt. Die Endprodukte hatten den Bedingungen der Elektronikindustrie zu folgen«, erklärt Aschenbrenner. Entsprechend lange dauerte es, bis die Industrie ihre Ideen umsetzen beziehungsweise überhaupt erst eine Idee entwickeln konnte.

Das soll nun anders werden. Muss es auch: »Weniger die Technologie an sich als vielmehr



Durch die Integration der Elektronik in Polycarbonat werden Identitätskarten manipulationsicherer.
© Fraunhofer IZM www.izm.fraunhofer.de

die Anwendung ist der Treiber für Fortschritt und eine Alleinstellung am Markt. Künftige Elektronik wird in Material und Form mit dem Produkt verschmelzen. Sie muss zuverlässig und kostengünstig herstellbar sein«, beschreibt Aschenbrenner die vielfältigen Herausforderungen. Daher werden im AdaptSys-Zentrum Anwender und Produkte in den Mittelpunkt gestellt. Hier arbeiten unter anderem Werkstoffwissenschaftler, Chemiker, Elektrotechniker für Systemdesign, Physiker, Maschinenbauer und sogar Biologen unter einem Dach.

Zusammen mit Partnern aus der Industrie wird von Beginn an gemeinsam überlegt, was das künftige Produkt können soll. Im Anschluss an das anfängliche Brain-Storming wird eine Spezifikationsliste erstellt. Daraus entwickeln die Experten ein erstes Konzept, was dann auf seine Machbarkeit hin überprüft wird, bevor aus der Idee ein Prototyp entsteht. Dabei wird das künftige Produkt über seinen gesamten Lebenszyklus

betrachtet – bis hin zu seiner Wiederverwertung. »Uns geht es darum, gezielt Technologievor-teile aus verschiedenen Disziplinen zu bündeln«, erklärt Aschenbrenner. So werden ganz neue Wege zu Innovationen eröffnet, sind die Fraunhofer-Forscher überzeugt. »Hersteller und Produktentwickler können vorgeben, welche Eigenschaften die Elektronikstrukturen besitzen müssen«, erläutert Prof. Klaus-Dieter Lang, Leiter des Zentrums und Institutsleiter des IZM. »Unsere Experten entwickeln daraufhin gemeinsam mit diesen und den Halbleiterunternehmen Technologien, mit denen Elektronik sich dehnen, waschen und bügeln lässt oder bei extremen Temperaturwechseln von bis zu 400 °C zuverlässig funktioniert oder auf Korngröße schrumpft.«

Durch die Zusammenarbeit können die Wertschöpfungsketten enger verzahnt und Synergien zwischen teilweise artfremden Branchen erreicht werden. So lassen sich künftig Entwicklungszeiten verkürzen, obwohl die Komplexität integrier-

ter und miniaturisierter Elektronik noch weiter zunehmen wird.

Standort Berlin stärken

Insgesamt 40 Millionen Euro investierten die Europäische Union (EFRE), das Land Berlin, das BMBF sowie die Fraunhofer-Gesellschaft in das Zentrum AdaptSys. Damit wird der Wissenschaftsstandort Berlin im Bereich der hochwertigen Systemintegration weiter ausgebaut. Zunächst wollen sich die Forscher auf Entwicklungen für die Medizin-, Energie- und Sicherheitstechnik sowie die Sensorik für die Industrielektronik konzentrieren, die gerade in der Hauptstadt von großer Bedeutung sind. So sollen bald beispielsweise dehnbare Sensorbandagen zu erhalten sein, mit denen sich die Wundheilung deutlich verkürzen lässt, oder auch 3D-Solarzellen, die sich beliebig formen lassen, um sie möglichst optimal und unauffällig integrieren zu können. ■



Wunderwerkstoff Graphen

Es ist extrem dünn, leitfähig, biegsam und dennoch superhart – das Material Graphen verfügt über ganz besondere Eigenschaften. Um das Potenzial dieses Wunderwerkstoffs zu erschließen, hat die Europäische Union das Flaggschiff-Projekt »Graphen« aufgelegt. Fraunhofer-Forscher sind mit an Bord des Eine-Milliarde-Euro-Forschungsvorhabens.

Text: Monika Weiner

Graphen ist eine Modifikation des Kohlenstoffs mit einem zweidimensionalen Aufbau, in der jedes Kohlenstoffatom im Winkel von 120° von drei weiteren umgeben ist. So bildet sich ein bienenwabeförmiges Muster aus. © iStockphoto

Federleichte und gleichzeitig robuste Bauteile für Autos und Flugzeuge, bruchfeste Displays, leistungsfähige Batterien, Akkus, die sich in Sekundenschnelle aufladen, hauchdünne Elektronikbauteile – die Möglichkeiten, die das neue Material Graphen eröffnet, sind schier unbegrenzt. Der Stoff, aus dem die Träume sind, ist nicht einmal schwer zu beschaffen: Graphene bestehen aus Kohlenstoff, einem Element, das überall auf der Erde zu finden ist – als Bestandteil der Atmosphäre, als Baustoff für Organismen, als Graphit- oder Diamantmineral, Kohle oder Ruß. Dieser kann flüchtig sein wie ein Gas, hart wie Diamant oder weich wie Graphit – je nachdem, wie die Atome miteinander verbunden sind. All dies ist lange bekannt. Was bis vor Kurzem niemand wusste: Auch die Dicke beeinflusst die Eigenschaften. Extrem dünne Graphitschichten sind besonders hart und widerstandsfähig.

Ein Freitags-Experiment und seine Folgen

Das entdeckten vor zehn Jahren die Physiker Andre Geim und Konstantin Novoselov. Ihnen gelang erstmals, einzelne Graphitlagen zu isolieren. Die beiden experimentierten freitagnachmittags gerne ein wenig herum. Bei einer dieser eher spielerischen Tüfteleien zum Wochenabschluss versuchten sie, mithilfe von einfachem Klebeband möglichst dünne Schichten von einem Graphitblock abzuziehen. Durch Abtragen gelang es ihnen, diese noch weiter auszudünnen. Am Ende blieb eine Lage von nur einem Atomdurchmesser Dicke übrig, in der die Kohlenstoffatome wabenartig miteinander vernetzt waren. Dieses Graphen entpuppte sich als extrem stabil, leicht, zugfest und leitfähig.

Für ihre Entdeckung erhielten die beiden Physiker 2010 den Nobelpreis. Die Europäische Union will jetzt das Potenzial dieses neuen Materials besser erschließen. In den kommenden Jahren investiert die EU eine Milliarde Euro in dessen Erforschung sowie die Entwicklung von Anwendungen. An dem »Graphene Flagship« sind 140 Organisationen aus 23

Ländern beteiligt – darunter auch drei Fraunhofer-Institute.

Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe erarbeitet die Aktualisierung der zentralen Roadmap für das Forschungsvorhaben. »Mittlerweile lassen sich Graphene nicht nur durch Abtragung von Graphit, sondern auch durch Dampfablagerung auf metallischen Schichten im Vakuum, durch Wachstum auf anderen Kristallen oder direkte chemische Synthese gewinnen«, erklärt Dr. Thomas Reiß, Leiter des Competence Centers »Neue Technologien« am ISI und Gesamtkoordinator der EU-Graphen-Roadmap: »Wir identifizieren mögliche Anwendungen und untersuchen, welche Material-, Prozess- und Produktentwicklungen notwendig sind, um Graphene für die europäische Industrie nutzbar zu machen.«



Das »Graphene Flagship-Projekt« ist erst im vergangenen Jahr angelaufen. Aber schon jetzt arbeiten die Forscher an ganz konkreten Lösungen. So untersuchen Experten am Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF in Freiburg, wie sich nahezu masselose und damit extrem leistungsfähige Elektroden für piezoelektrische Resonatoren herstellen lassen. Solche Resonatoren werden beispielsweise als Mobilfunkfilter in Handys eingesetzt. Und Experten am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal bei Karlsruhe entwickeln ein Verfahren, mit dessen Hilfe sich aus Graphit plättchenförmige Graphene-Flakes großtechnisch und kostengünstig herstellen lassen.

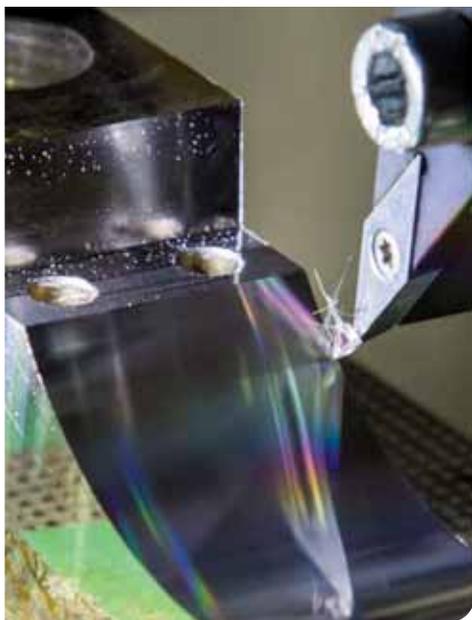
Die Wissenschaftler arbeiten dabei eng mit den Partnern aus der Industrie zusammen: »Die europäische Industrie ist bereits tief involviert in die Graphen-Forschung«, erklärt Dr. Tapani Ryhänen, Labordirektor des Nokia-Sensor-und-Material-Technologies-Labs, das ebenfalls in dem EU-Forschungsvorhaben mitarbeitet. »Ich bin sicher, dass das Projekt den Unternehmern weiter anspornen und helfen wird, die Ergebnisse in Europa zu kommerzialisieren.« ■

Material der »unbegrenzten« Möglichkeiten

Werkstoffforscher setzen hohe Erwartungen in die neuen, hauchdünnen Kohlenstoffnetze. Ihre besonderen Eigenschaften eröffnen eine Fülle Anwendungsfelder.

Einige Beispiele:

- Da Graphene elektrisch leitfähig und auch durchsichtig sind, eignen sie sich für die Herstellung von Elektroden, wie sie in Flüssigkristall-Bildschirmen und Touchscreens verwendet werden. Bisher wird hier teures Indium-Zinn-Oxid verwendet.
- Mit Graphen veredelte Kunststoffe sind nicht nur elektrisch leitend und temperaturbeständig, sondern auch mechanisch und chemisch sehr stabil. Diese Eigenschaften machen den neuen Kombi-Werkstoff zu einem erfolgversprechenden Material für medizinische Implantate.
- Graphene können auch Licht absorbieren. Sie gelten daher als erfolgversprechende Kandidaten für die Herstellung künftiger Solarzellen.
- Kunststoffe, denen Graphene beigemischt wurden, sind schwer entflammbar. Der Materialmix ist daher ein aussichtsreicher Kandidat für die Produktion von Innenverkleidungen, wie sie in Flugzeugen, Bussen und Zügen benötigt werden.
- Durch Beimischung von Graphenen lässt sich die Porengröße von Dämmstoffen verringern. Durch den geringeren Luftanteil hält das neue Material im Winter die Wärme im Inneren des Hauses effektiv zurück, während es im Sommer ein Eindringen der Hitze effektiv verhindert.



Fertigung der Masterstruktur mittels Ultrapräzisionszersetzung mit monokristallinen Diamantwerkzeugen.
© Stefan Kühne/Fraunhofer IPK

Hightech für Lichtinstallation

Seit kurzem verschönert eine besondere Lichtinstallation den Neubau des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF. Das Werk »Virtuelle Skulptur ohne Titel« der Künstlergruppe Boran Burchhardt, Andreas Lippke und Marcel Stemmen ließ sich auch dank Hightech made by Fraunhofer realisieren.

Die 18 Meter lange virtuelle Skulptur bildet einen Regenbogen nach und besteht doch nur aus Licht, Luft und Wasser. Das ungewöhnliche Kunstwerk folgt der Form des Treppengeländers, dabei verführt es zum Anfassen und entzieht sich aber doch dem Zugriff.

Das technisch anspruchsvolle Projekt beruht auf der Aufspaltung und Fokussierung von Licht mithilfe einer komplexen Optik aus einem lichtbrechenden Linsenanteil (Refraktivlinsen) und einer Struktur (Beugungsgitter), die das Licht in seine einzelnen Farben auffächert. So wird ein Regenbogen erzeugt, der in einem künstlichen Nebel sichtbar ist.

Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK in Berlin haben die Künstler bei der Realisierung des Projekts unterstützt. Sie fertigten die Linsen der Spezialoptiken. Dazu haben sie zunächst mithilfe der Ultrapräzisionszersetzung den Formeinsatz für die erforderlichen optischen Strukturen gefertigt. Dabei kamen unterschiedliche Technologien und Prozesse des Anwendungszentrums Mikroproduktionstechnik am Fraunhofer IPK zum Einsatz.

Fraunhofer auf Messen

April	Mai	Juni
<p>13. – 17. April HANNOVER MESSE, Hannover Messe für Kerntechnologien und Dienstleistungen in der industriellen Produktion</p>	<p>05. – 08. Mai Control, Stuttgart Weltleitmesse für Qualitätssicherung</p>	<p>22. – 26. Juni LASER, München Weltleitmesse für Komponenten, Systeme und Anwendungen der Optischen Technologien.</p>
<p>21. – 23. April Medtec, Stuttgart Fachmesse und Kongress für Design und Technologie medizinischer Ausrüstung</p>	<p>05. – 08. Mai Transport und Logistik, München Weltleitmesse für Logistik und Mobilität</p>	
	<p>19. – 21. Mai Sensor und Test Messe für Sensorik, Mess- und Prüftechnik</p>	

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

Franziska Kowalewski
Susanne Pichotta
Welf Zöller

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

Personalien

Der Leiter des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE, Professor **Eicke R. Weber**, wurde für die Amtszeit von 2015-2017 zum EUREC-Präsidenten gewählt. Die European Association of Renewable Energy Research Centers, kurz EURE, ist ein Zusammenschluss von 44 Forschungsinstituten aus dem Gebiet der Erneuerbaren Energien.

Bundespräsident Joachim Gauck hat Professor **Peter Gumbsch** in den Wissenschaftsrat berufen. Gumbsch leitet das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg und Halle. Zudem lehrt und forscht er am Karlsruher Institut für Technologie KIT als Lehrstuhlinhaber für Werkstoffmechanik. Der Wissenschaftsrat ist eines der wichtigsten wissenschaftspolitischen Beratungsgremien in Deutschland. Das Experten-Gremium berät die Bundesregierung und die Regierungen der Länder in allen Fragen der inhaltlichen und strukturellen Entwicklung der Wissenschaft, der Forschung und des Hochschulbereichs.

Die Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM), der Deutsche Verband für Materialforschung und -prüfung e.V. (DVM) und das Stahlinstitut VDEh haben Professorin **Martina Zimmermann** vom Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden den Galileo-Preis Werkstoffprüfung 2014 verliehen. Damit werden ihre herausragenden Verdienste auf dem Gebiet der Werkstoffprüfung gewürdigt.

Professor **Clemens Hoffmann**, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES in Kassel, ist der neue Sprecher des Forschungsverbunds Erneuerbare Energien FVEE. Der Physiker ist zugleich Inhaber des Lehrstuhls »Integrierte Energiesysteme« an der Universität Kassel.

Impressum

Fraunhofer-Magazin »weiter.vorn«:

Zeitschrift für Forschung, Technik und Innovation. Das Magazin der Fraunhofer-Gesellschaft erscheint viermal pro Jahr. Kunden, Partner, Mitarbeiter, Medien und Freunde können es kostenlos beziehen.

ISSN 1868-3428 (Printausgabe)
ISSN 1868-3436 (Internetausgabe)

Herausgeber:

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

Abonnement:

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

Redaktion:

Kludia Kunze (V.i.S.d.P.),
Beate Koch, Birgit Niesing (Chefredaktion)
Marion Horn, Franziska Kopold, Mandy Kühn,
Monika Weiner, Britta Widmann,
Christa Schraivogel (Bild und Produktion)

Redaktionelle Mitarbeit:

Janine van Ackeren, Frank Grotelüschen,
Klaus Jacob, Chris Löwer, Katja Lüers,
Bernd Müller, Michaela Neuner,
Brigitte Röthlein, Isolde Rötzer,
Tim Schröder, Ulrike Zechbauer

Graphische Konzeption: BUTTER. Düsseldorf

Layout + Litho: Vierthaler & Braun, München

Titelbild: Dirk Mahler

Druck: Gotteswinter und Aumaier GmbH,
München

Anzeigen: Heise Zeitschriften Verlag
Technology Review, Karl-Wiechert-Allee 10
30625 Hannover, Telefon +49 511 5352-0
www.heise.de/mediadaten
Nächster Anzeigenschluss: 8. Mai 2015

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

ClimatePartner^o
klimaneutral
gedruckt



 **Fraunhofer**

Spin-offs

Aus alt mach neu

Wie lässt sich aus Gummiresten ein neuer Werkstoff kreieren? Mit dieser Frage beschäftigen sich Wissenschaftler am Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT in Oberhausen seit langer Zeit: »Schon vor 15 Jahren starteten wir Untersuchungen, um herauszufinden, wie sich Gummi so zerkleinern lässt, dass man es wiederverwerten kann. Und bereits mehr als zehn Jahre arbeiten wir an der Veredelung, der Compoundierung«, erzählt Dr. Holger Wack, stellvertretender Abteilungsleiter Werkstoffsysteme am UMSICHT und Mitgründer der Ruhr Compounds GmbH. Das Know-how nutzt auch das im Dezember 2011 gegründete Spin-off. Es produziert und vertreibt die ressourceneffiziente Kunststoffe EPMT®. Sie werden auf der Basis von Elastomerpulvern gefertigt, die aus Produktionsresten der gummiverarbeitenden Industrie gewonnen werden. »Die Werkstoffeigenschaften lassen sich kundenindividuell anpassen – von weich bis hart«, erläutert der Experte. Neben ihm sind noch Damian Hintemann, der sich um die Technologie kümmert, und Produktdesignerin Nina Kloster in dem jungen Unternehmen tätig.

Kunststoffe auf der Basis von Reststoffen haben zwei Vorteile: Sie lassen sich kostengünstiger produzieren und sind dabei ökologisch verträglicher als herkömmliche Materialien. »In mehr als 20 Pilotprojekten prüfen wir zurzeit, ob unser Werkstoff in der Produktion des Kunden funktioniert«, sagt Wack. Die Nachfrage ist groß: »Gummiverarbeitende Betriebe sprechen uns an, ob wir ihre Abfälle verwerten können, da sie so Entsorgungskosten sparen. Und Kunststoffverarbeitende Unternehmen kommen zu uns, um Produktionskosten zu senken und ihre Produkte ökologischer zu gestalten«, berichtet Wack. »Idealerweise fallen bei unseren Auftraggebern selbst Gummiafälle an und diese können wieder für Produkte genutzt werden, dann ist der Kreislauf geschlossen. Das trifft etwa bei Automobilzulieferern zu.«

Im Laufe des Jahres wollen die Unternehmer unter dem Label SCI-GOLFSPORTS auch eigene Produkte auf den Markt bringen. Hier handelt es sich um Range-Tees aus EPMT, die im Golfsport eingesetzt werden.

Holger Wack
www.ruhr-compounds.de



Kulturgüter dauerhaft erhalten

Wertvolle Gemälde, einzigartige Schriftstücke, Skulpturen – die Archivierung ihrer Schätze stellt viele Museen vor große Herausforderungen. Denn in Zeiten sinkender Budgets und steigender Energiepreise ist für die langfristige und sichere Aufbewahrung von Kunst- und Kulturgütern eine energieeffiziente, kostengünstige Lösung gefragt. Die ModulDepot GmbH, ein Spin-off aus dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP in Holzkirchen bei München, plant und errichtet schlüsselfertige modulare Archive für Kunstwerke im Niedrigenergiestandard.

»Das Fraunhofer IBP begleitet Museen und Archive schon seit 2006 bei der Einrichtung von Storeräumen. Dabei geht es nicht nur darum, die Kunstschatze sicher zu bewahren, sondern auch um energetische Aspekte der Gebäude«, erklärt Diplom-Restaurator Lars Klemm, der die Modul Depot GmbH 2012 in Kooperation mit der Ottmann GmbH & Co. Südhausbau KG und k3-artservices ausgegründet hat. Aber wie müssen Archive für Kunstwerke gestaltet sein? »Optimal ist ein Gebäude mit massiver Bauhülle, in dem die Luftfeuchte möglichst niedrig ist. Schon die Baufeuchte in normalem Beton wirkt sich negativ auf Kulturgüter aus«, weiß Klemm. Die Experten der Modul Depot GmbH setzen deshalb einen speziellen »Archivbeton« ein, den das Fraunhofer IBP entwickelt und zum Patent angemeldet hat. Mithilfe dieses feuchtereduzierten Baustoffs lassen sich energieeffiziente moderne Depot- und Archivbauten konstruieren. »Eine flexibel gestaltbare Modulbauweise sorgt dafür, dass sich die Gebäude beliebig erweitern lassen«, betont Lars Klemm.

Das Angebot des Start-ups richtet sich an Museen, Galerien sowie an private Kunstsammler und Expeditionen, für die die Experten die komplette Projektentwicklung übernehmen – von der Vorplanung bis zur Bauausführung. »Museen benötigen Depots. Allerdings ist ein Neubau für viele Kultureinrichtungen ein großer Schritt. »Wir verfügen über Erfahrungen aus den Bereichen Raumklima, energieeffizientes Bauen, präventiver Konservierung sowie Architektur und Immobilienwirtschaft. So gelingt es, Planung und Bau so wirtschaftlich wie möglich zu gestalten«, betont Klemm. Das überzeugt: Erste Projekte laufen derzeit unter anderem in München, Dresden, Villingen-Schwenningen und Wasserburg.

Lars Klemm
www.moduldepot.de



WIR DENKEN WEITER.



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



GRATIS

IHRE VORTEILE ALS ABONNENT:

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

LAMY SCHREIBSET

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

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

DIE CHANCEN FRÜHER ENTDECKEN.

Jetzt bestellen und von allen Vorteilen profitieren:

WWW.TRVORTEIL.DE

Wer begleitet mich auf meinem Karriereweg?

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

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

Sie suchen neue
Mitarbeiter?

Informieren Sie
sich jetzt unter
**academics.de/
arbeitgeber**

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