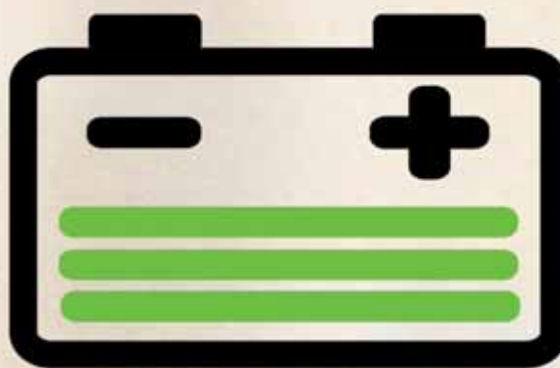


weiter.vorn

Das Fraunhofer-Magazin

4/13

Strom
reloaded



4

Medizin

Diagnostik All Inclusive

1

Informationstechnologie

Per Funk schnell ins Netz

3

Messtechnik

Die Sonne im Visier



Effizienz lohnt sich



Prof. Dr. Reimund Neugebauer. © Jörg Lange

Knappe und teure Rohstoffe, steigende Energiepreise, Klimaschutz – die industrielle Fertigung steht vor großen Herausforderungen. Insbesondere Deutschland als rohstoffarmes Land muss hier neue Ansätze entwickeln. Wenn wir auch künftig unsere Wettbewerbsfähigkeit erhalten wollen, gilt es, die endlichen Rohstoffe deutlich effizienter und intelligenter zu nutzen als bisher. Aufgabe ist es, Wachstum und Wohlstand so weit wie möglich vom Einsatz natürlicher Ressourcen zu entkoppeln.

Von einer besseren Nutzung der Rohstoffe können die Unternehmen schon jetzt profitieren. Das hat eine aktuelle Studie des VDI Zentrum für Ressourceneffizienz ergeben. In den untersuchten Branchen der metallverarbeitenden Industrie, lässt sich der Energieverbrauch um fünf bis 14 Prozent reduzieren – für das Jahr 2012 würde das Kostensenkungen zwischen 100 und 280 Millionen Euro bedeuten. Das Einsparpotenzial im Bereich Material liegt bei zwei bis sechs Prozent. Damit ließen sich die Ausgaben um bis zu 2300 Millionen Euro reduzieren. Welche Möglichkeiten es gibt, den Ressourcenverbrauch im Automobilbau zu minimieren, hat die Innovationsallianz »Green Carbody Technologies« (InnoCaT®) untersucht. Koordiniert durch das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU und der Volkswagen AG, haben die mehr als 60 Partner der Allianz in den vergangenen drei Jahren in 30 Fachprojekten innovative Lösungskonzepte für den Automobilbau der Zukunft erarbeitet. Das ehrgeizige Ziel ist es, den Energie – und Ressourceneinsatz in der Karosseriefertigung um bis zu 50 Prozent zu senken.

Große Optimierungsmöglichkeiten gibt es auch in den energieintensiven Branchen Stahlerzeugung, Zement-, Papier- und Glasherstellung sowie in der chemischen Industrie. In der Studie »Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien – Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente« stellten Forscher des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI etwa 200 Maßnahmen vor, die zusammen den Energieverbrauch in der energieintensiven Industrie Deutschlands bis 2035 um knapp 15 Prozent reduzieren können. Insgesamt lassen sich mit den in der

Studie analysierten Maßnahmen jährlich etwa 14 Terawattstunden Strom einsparen. Das hätte auch eine erhebliche Senkung der CO₂-Emissionen zur Folge. Zum Vergleich: 14 Terawattstunden Strom entsprechen der Erzeugungsmenge von zwei großen Kohlekraftwerken.

Dies ist ein Beispiel dafür, dass auch die Umwelt von einer höheren Ressourcenproduktivität profitiert. Die Bundesregierung hat das Ziel vorgegeben, bis 2020 die jährlichen Treibhausgasemissionen in Deutschland um 40 Prozent gegenüber dem Ausstoß des Jahres 1990 zu senken. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Emissionen bis 2020 noch um etwa 170 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr reduziert werden. Dazu kann ein intelligenterer Einsatz von Energie einen wesentlichen Beitrag leisten.

Mittlerweile hat sich das Thema »Energieeffizienz« auch zu einem interessanten Markt entwickelt. Allein in Deutschland erwirtschaftete die Branche 2012 etwa 146 Milliarden Euro und wuchs im Vergleich zum Vorjahr um 16 Prozent. Die Beschäftigtenzahl nahm im gleichen Zeitraum um zehn Prozent auf hochgerechnet 800 000 Mitarbeiter zu, so die Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz (DENEFF).

Eine effiziente Alternative zu Wagen mit Verbrennungsmotoren sind Elektroautos. Ihr Wirkungsgrad beträgt beim heutigen Strommix 40 Prozent. Das ist doppelt so hoch wie bei einem Benzinmotor. Doch damit sich Stromer auf dem Markt durchsetzen können, bedarf es noch viel Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Noch ist zum Beispiel die Batterie nicht leistungsfähig genug. Die Fraunhofer-Allianz Batterie forscht an sicheren Akkus mit einer hohen Energiedichte für E-Mobile. In der Titelgeschichte erfahren Sie, wie die Energiespeicher der nächsten und übernächsten Generation aussehen.

Ihr

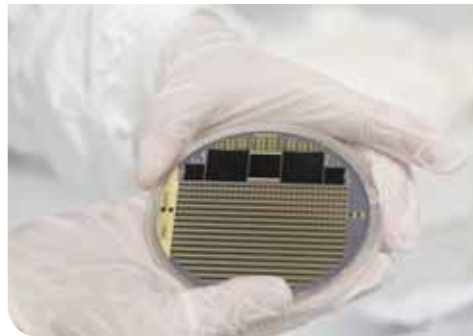


08

Titelthema

Strom reloaded

Damit künftig mehr Elektrowagen auf unseren Straßen fahren, brauchen wir leistungsfähige und sichere Batterien.



22

Solarzellen mit voller Konzentration

Neuartige Produktionstechnologie ermöglicht höhere Wirkungsgrade: Wafer mit Vierfach-Konzentratorsolarzellen.



24

Aufprallschutz für Mutter Erde

Wie man Asteroideneinschläge verhindern kann, untersuchen Forscher.



32

Zwergenwelten

Ausstellungen nur im Museum? Ein ortsbasiertes Handyspiel bietet mehr.



44

Damit Holz nicht brennt

Häuser aus Holz sind besonders feuergefährdet – smarte Schichten schützen.



46

Röntgenfilme in 4D

Kameras und Detektoren für Röntgenstrahlen werden immer schneller. So lassen sich dynamische Prozesse zeitaufgelöst beobachten.

Inhalt

06 **Spektrum**

18 **Firmenportrait**

29 **Kompakt**

35 **Fraunhofer inside**

36 **Fraunhofer visuell**

53 **International**

60 **Panorama**

61 **Personalien**

61 **Impressum**

62 **Gründerwelt**

Titelthema

08 **Strom reloaded**

Ein Schlüssel für die Energiewende und den Umstieg auf Elektromobilität sind neue Akkus.

Medizin

14 **Diagnostik All Inclusive**

Neue Software unterstützt Ärzte bei der Brustkrebs-Diagnose.

16 **Aus Bruch mach neu**

Innovative Implantate haben das Potenzial, sich in Knochensubstanz umzuwandeln.

Energie

20 **Europa packt die Häuser ein**

Forscher erarbeiten die Datengrundlage für Niedrigstenergie-Gebäude.

22 **Solarzellen mit voller Konzentration**

Eine neue Generation Mehrfach-Solarzellen ermöglicht Wirkungsgrade von bis zu 47 Prozent.

Sicherheit

24 **Aufprallschutz für Mutter Erde**

Wissenschaftler entwickeln Strategien, um unseren Planeten vor Asteroideneinschlägen abzusichern.

26 **Neue Horizonte**

Interview mit dem EU-Abgeordneten Dr. Christian Ehler über das neue Forschungsprogramm »Horizon 2020«.

28 **Bitte nicht stören!**

Minihelikopter sollen Rettungskräfte Bilder und Messdaten liefern.

Informationstechnologie

30 **Per Funk schnell ins Netz**

Richtfunkstrecken können Lücken in der Versorgung mit Breitband-Internet schließen.

32 **Zwergenwelten**

Eine Ausstellung wird mit einem ortsbasierten Handspiel ergänzt.

Werkstoffe

38 **Alles aus einem Guss**

Eine neue Verbindung für Faserverbundwerkstoffe und Metalle.

40 **Leicht, elektrisch und mobil**

Die Zukunft des Autos ist elektrisch. Forscher machen die Stromer leicht und sicher.

43 **Die dünnste Heizung der Welt**

Kunststoffteile lassen sich mithilfe einer Dünnschichtheizung energieeffizient produzieren.

44 **Damit Holz nicht brennt**

Eine Spezialbeschichtung verhindert, dass Feuer Holz angreift.

Messtechnik

46 **Röntgenfilme in 4D**

Schnelles Röntgen ermöglicht eine zeitaufgelöste Computertomographie.

48 **Schmutz mit Leuchtkraft**

Fluoreszenz macht Dreck sichtbar.

50 **Die Sonne im Visier**

SOLACES erfasst Daten über die Sonnenaktivität.

Photonik

54 **Sicherer Erfolg**

Ein neues Analysegerät findet versteckte Sprengstoffe.

55 **Laserschweißen als Innovationsmotor**

Schweißen mit Licht.

Logistik

56 **Roboter als Parkhaushelfer**

Parken leicht gemacht – Autos werden automatisch abgestellt.

Historie

58 **Joseph von Utzschneider: »Ich will nicht glänzen, sondern nützen«**

Vor 250 Jahren wurde der Förderer Joseph von Fraunhofers geboren.

OLED strahlen heller

Im Gegensatz zu heute gängigen Flüssigkristallbildschirmen kommen OLED ohne Hintergrundbeleuchtung aus, sie leuchten von selbst. Die Abkürzung steht für »Organic Light Emitting Diode«, zu Deutsch: »organische Leuchtdiode«.

Organische Leuchtdioden zu produzieren ist noch sehr teuer. Großflächige OLED-Fernsehbildschirme gibt es deswegen noch nicht zu kaufen. Bisher sind sie bei sehr kleinen Bildschirmgrößen von wenigen Quadratzentimetern im Einsatz, wie View Finder von Digitalkameras und Handy-Displays oder – noch kleiner – in Datenbrillen.

Forschern der Fraunhofer-Einrichtung für Organik, Materialien und Elektronische Bauelemente COMEDD in Dresden ist ein bedeutender Entwicklungsschritt gelungen: Zusammen mit Kollegen der VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH arbeiten sie an einer Technologie, um kleine OLED-Bildschirme ohne Farbfilter zu produzieren. Filter waren nötig, da die roten, grünen und blauen Subpixel, die für die Darstellung eines farbigen Bilds notwendig sind, bisher nicht direkt auf die Elektrode aufgetragen werden konnten.

Die Forscher haben den gesamten Fertigungsprozess neu konzipiert. So ist es ihnen möglich, die roten, grünen und blauen Farbpixel direkt aufzubringen. Der Einsatz des Farbfilters ist nicht mehr nötig, die OLED strahlen heller und der Herstellungsprozess wird günstiger.

Mikrodisplays sind kaum größer als das menschliche Auge.
© Fraunhofer COMEDD

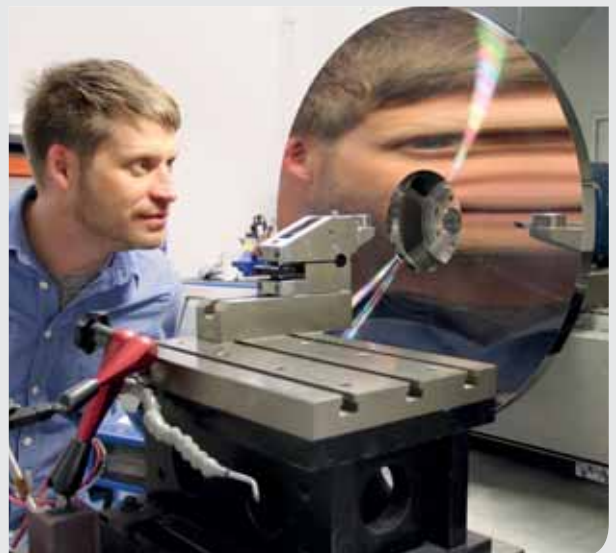


Präzise Optiken für Satelliten

Teleskopoptiken sind im Orbit zur Erdbeobachtung im Einsatz. Die Bilder helfen dabei, das Wetter vorherzusagen, Bodenschätze zu finden, Vegetationen zu beurteilen, Flut- oder Brandkatastrophen zu detektieren, aber auch um die Zusammensetzung der Atmosphäre besser zu verstehen. Die optischen Systeme sammeln dazu das einfallende Licht ähnlich wie ein Kameraobjektiv und bilden die einfallende Strahlung scharf auf einem Sensor ab.

Um die Dispersion des Lichts, also die Aufspaltung des elektromagnetischen Spektrums in seine Bestandteile, zu verhindern, sind die Teleskope meist aus Spiegeln aufgebaut. Die Herstellung und Justierung dieser optischen Elemente ist sehr anspruchsvoll. Sie werden äußerst präzise im Strahlengang der Teleskopoptik platziert. Dies ist nur möglich, da die Forscher am Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena im Herstellungsprozess die optischen Flächen sehr exakt durch Ultrapräzisionsdrehbearbeitung mit einem Diamanten als Schneidwerkzeug fertigen. Sie nutzen die anschließende Politur und Korrekturprozesse, um die Abbildungsgüte weiter zu verbessern. Das Forscherteam entwickelt mit dieser Prozesskette abbildende Hochleistungssysteme für das infrarote und das sichtbare Spektrum.

Die optischen Elemente für Teleskope bearbeitet der Forscher mit einem monokristallinen Diamanten als Schneidwerkzeug. © Fraunhofer IOF



Roboter reparieren Turbinen

Verdichter- und Turbinenschaufeln sind wichtige Bauteile von Flugzeugtriebwerken und Gasturbinen. Ihre Aufgabe ist es, die Strömungsenergie in mechanische Energie umzuwandeln. Sie sorgen dafür, dass Flugzeugtriebwerke den nötigen Schub oder Kraftwerksgeneratoren ausreichend Strom erzeugen. Verschleiß, Erosion, harte Landungen oder größere Objekte, die in das Triebwerk einschlagen, setzen ihnen zu. Die Folge: Die geometrisch komplexen, meist aus titan- oder nickellegiertem Stahl bestehenden Bauteile verbiegen sich oder reißen ein.

Eine einzelne Turbinenschaufel kostet mehrere tausend Euro. Bei bis zu 80 Schaufeln pro Maschine können auf den Betreiber im Fall eines Schadens schnell hohe Ausgaben zukommen. Die Reparatur kostet zwar nur die Hälfte eines Neuteils, ist jedoch sehr aufwändig, denn Experten bearbeiten die Werkstücke per Hand oder mit eigens eingerichteten Werkzeugmaschinen.

Forscher vom Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK in Berlin und dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF der TU Berlin haben gemeinsam mit Spezialisten von Turbomaschinenherstellern wie MAN, MTU, Rolls-Royce und Siemens ein automatisiertes, robotergestütztes Verfahren entwickelt. Es gelang den Wissenschaftlern, nicht nur einzelne Prozessschritte für die Automatisierung fit zu machen. Sie entwickelten auch ein Procedere, bei dem ein Roboter innerhalb einer einzelnen Fertigungszelle mehrere Reparaturstationen durchläuft. Er reinigt das Bauteil, erfasst seine Geometrie und die Fehlstellen und bearbeitet es spannend nach.

An der Schleifstation bessert der Roboter automatisiert die beschädigten Stellen einer Turbinenschaufel aus. © IWF TU Berlin



Keine Chance für Bakterien

Bakterien tummeln sich auf Türklinken oder Haltegriffen in der U-Bahn, und an vielen weiteren Orten. Ungemütlich wird es jedoch für sie auf Oberflächen, die mit Nanosilber behandelt wurden, denn Silber stoppt die Vermehrung von Bakterien. Es ist Forschern am Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und -Energietechnik UMSICHT in Oberhausen gelungen, auch nach der Herstellung der Teile, deren Kunststoffbeschichtungen mit Nanosilber zu imprägnieren.

Die Wissenschaftler pumpen dazu flüssiges Kohlendioxid in einen Hochdruckbehälter mit den zu imprägnierenden Teilen. Sobald das Gas den überkritischen Zustand erreicht hat, steigern sie den Druck. Oberflächen können auf diese Weise mit nanoskaligen Silberpartikeln angereichert werden. Mit dieser neuartigen Imprägniermethode lassen sich sogar wärmeempfindliche Stoffe wie Pharmazeutika einbringen. Kratzer können diese Imprägnierung nicht beeinträchtigen.

Es lassen sich auch hochwertige Kunststoffbauteile und Lifestyle-Produkte wie Handyschalen kundenspezifisch ändern – beispielsweise mit Farbe, Additiven und Wirkstoffen. Und das umweltschonend und weit unterhalb der Schmelztemperatur ohne den Einsatz von aggressiven Lösemitteln.

Lichtschalter und andere Produkte kann man auch nach der Herstellung mit einer bakterienabtötenden Schicht imprägnieren.
© Fraunhofer UMSICHT



Strom reloaded

Testsystem zur Erprobung und Charakterisierung von Materialien für elektrische Energiespeicher. © Fraunhofer IFAM



Batterien sind das Herz vieler Produkte: Sie starten Autos, versorgen Herzschrittmacher mit Energie und ermöglichen über Smartphones und Tablet-PCs unsere mobile Kommunikation. Künftig müssen sie jedoch noch mehr leisten. Denn chemische Energiespeicher gelten als Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität und die Energiewende. Forscher legen wichtige Grundlagen für Batterien der nächsten und übernächsten Generation.

Text: Birgit Niesing

Sie sind leicht, speichern viel Energie und haben keinen Memory-Effekt – Lithium-Ionen-Akkus. Schon jetzt versorgen sie Smartphones, Akkubohrer und Tablet-PCs mit Energie. Obwohl Sony diese Batterietechnik erst 1991 auf den Markt gebracht hat, ist sie heute in fast allen mobilen Geräten zu finden. Sogar den Elektrospornwagen Tesla treiben tausende Lithium-Ionen-Akkus an. Weiterentwickelte Lithium-Batterien gelten als wichtiger Baustein für strombetriebene Autos.

Entsprechend euphorisch sind die Prognosen. Lux Research erwartet in den kommenden fünf Jahren ein Marktwachstum für Lithium-Ionen-Batterien von fast 50 Prozent. Das Volumen werde von 28 Milliarden US-Dollar in diesem Jahr auf 41 Milliarden in 2018 steigen. Die Experten gehen davon aus, dass die Nachfrage nach Lithium-Ionen-Akkus zunächst vor allem durch mobile Endgeräte getrieben wird. Noch größeres Wachstumspotenzial liegt aber in der Elektromobilität: Der Markt für Li-Ionen-Akkus in Elektrofahrzeugen und Plug-In-Hybrid-Wagen soll jährlich jeweils um 22 Prozent und für Hybridfahrzeuge sogar um 34 Prozent wachsen.

Es gibt noch viel zu tun

Allerdings haben Lithium-Ionen-Batterien einen entscheidenden Nachteil: Sie sind teuer. Derzeit kosten Li-Akkus für Elektrofahrzeuge noch mehr als so mancher Kleinwagen. Doch das soll sich, laut einer Studie der Strategieberatung McKinsey, ändern. Die Experten erwarten, dass die technische Weiterentwicklung sowie verbesserte Fertigungstechniken und sinkende Margen die Preise purzeln lassen.

Doch bevor diese Kraftpakete Pkws serienmäßig antreiben, müssen noch einige weitere Herausforderungen gemeistert werden: Die künftigen Akkus sollen nicht nur mehr Energie speichern, sondern auch sicher, leicht und robust sein. »Des Weiteren gilt es, die Lebensdauer zu erhöhen. Zudem müssen die Batterien sowohl bei hohen als auch bei niedrigen Temperaturen zuverlässig arbeiten«, erläutert Dr. Jens Tübke vom Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal bei Karlsruhe die hohen Anforderungen. Der Experte für Elektrochemie ist Sprecher der Fraunhofer-Allianz Batterien, in der sich 19 Institute zusammengeschlossen haben, um ihre Kompetenzen in der Batterieforschung und -entwicklung zu bündeln (siehe Kasten). Ein Schwerpunkt der Allianz ist es, Lithium-Ionen-Batterien so zu verbessern, dass sie künftig diese vielfältigen Anforderungen erfüllen. Darüber hinaus arbeiten die Forscher an Akkus und Batteriesystemen der nächsten und übernächsten Generation.

Von außen sehen Akkus wenig spektakulär aus. Aber sie haben ein komplexes Innenleben. Für die Leistungsfähigkeit einer Batterie sind die Komponenten Anode, Kathode, Separator und Elektrolyt ebenso von Bedeutung wie die optimale Abstimmung der Bauteile aufeinander. »Die Energiespeicher unterscheiden sich durch die Kombination ihrer Materialien. Sie arbeiten mit festen, flüssigen oder gelförmigen Stoffen, ihre Elektroden können unterschiedlich geformt oder beschichtet sein, und ihr geometrischer Aufbau variiert«, informiert Jens Tübke. Eine Vielzahl von Parametern, die man erforschen und verbessern kann, um das optimale Paket zusammenzustellen.

Ein wichtiges Kriterium für die Batterien der Zukunft ist Sicherheit. Hier haben Lithium-Ionen-Batterien eine Schwachstelle: Die organischen Elektrolyte sind brennbar. Überhitzen die Akkus, können sie sich entzünden. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC in Würzburg und des Fraunhofer-Instituts für Siliziumtechnologie ISIT in Itzehoe arbeiten an Lithium-Polymer-Batterien, um die Akkus sicherer zu machen. Der Vorteil: Polymere brennen nicht. Das ISC geht bei den Elektrolyten bereits einen Schritt weiter. Es werden Glaselektrolyte entwickelt, die sehr sichere und leistungsfähige Batterien ermöglichen. Sicherheit steht auch im Fokus des Projekts »SafeBatt«. Ein Schwerpunkt des im Juli 2012 gestarteten Forschungsvorhabens ist es, Halbleitersensoren aus bisher nicht verwendeten Materialien wie Graphen zu entwickeln, um sicherheitsrelevante Parameter der Batteriezelle zu erfassen; beispielsweise chemische Prozesse, den Druckanstieg und die Temperaturverläufe innerhalb der Zelle. Die Bundesregierung hat »SafeBatt« als eines von neun Leuchtturmprojekten der Nationalen Plattform Elektromobilität ausgewählt. Insgesamt untersuchen 15 Partner aus der deutschen Automobil- und Zulieferindustrie sowie der Wissenschaft – darunter auch das ICT – unter anderem, wie sich die Zellchemie optimieren lässt.

Doch wie sicher sind batteriebetriebene Fahrzeuge bei einem Unfall? Was passiert in den Akkus, wenn ein Elektrowagen stundenlang in der prallen Sonne parkt? Passen Elektrolyt und Batteriematerialien zusammen? Wie verhält sich die Batterie beim Laden und Entladen? Um diese und weitere Fragen beantworten zu können, hat Fraunhofer das Leistungszentrum »Batteriespeichersysteme« aufgebaut. »Das Testen und Prüfen der Energiespeichersysteme ist ein immanent wichtiger Schritt in der fahrzeugtechnischen Entwicklungskette«, betont Jens Tübke. »Die vier Partner des Leistungszentrums decken verschiedene Aspekte der Tests von Energiespeichern ab. So können wir die gesamte Entwicklungskette abbilden«. Die Crashesicherheit der Akkus erforschen Experten des Fraunhofer-Instituts für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI in Freiburg. Am ICT testen Wissenschaftler unter anderem wie sich die chemische Zusammensetzung und der Aufbau der Zellen oder die Umgebungstemperatur auf die Qualität und die Lebensdauer einer Batterie auswirken. Außerdem prüfen sie, was beim Überladen oder bei einem Kurzschluss passiert. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg bringen ihre Erfahrung in der Batteriesystemtechnik, bei Batterietests (Performance und Alterungstests) sowie in der Modellierung und Simulation von Batterie- und Energiesystemen ein. Wie betriebsfest Akkus sind und wie lange sie zuverlässig arbeiten, testen die Experten des Fraunhofer-Instituts für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt.

Um die Entwicklung leistungsfähiger Lithium-basierter Energiespeicher voranzutreiben, unterstützt das Bundes-

ministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Innovationsallianz »Lithium Ionen Batterie LIB2015«. Neben BASF, Bosch, Evonik, LiTec und VW arbeiten dort auch zahlreiche Fraunhofer-Institute mit. Eine Aufgabe der Allianz ist es, »Konzeptstudien für neuartige Lithium-Ionen-Zellen auf Basis von Werkstoff-Innovationen« – kurz KoLiWiIn – zu erstellen. Gemeinsam mit ihren Kollegen vom Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg und vom Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS in Dresden haben Forscher des ISC daran gearbeitet, Lithium-Ionen-Batterien schneller, sicherer und kleiner zu machen. Eine Besonderheit des Projekts ist der Einsatz der leistungsfähigen quantenchemischen Simulationsmethoden des IWM. Sie helfen, die grundlegenden Materialeigenschaften zu verstehen und gezielte Optimierungsstrategien zu entwickeln.

Die Weiterentwicklung der Lithium-Ionen-Batterietechnologie steht im Mittelpunkt des vom BMBF geförderten Projekts TopBat. Die Abkürzung steht für »Temperaturoptimierte Batteriemodule mit instrumentierten Zellen«. An der Forschung beteiligen sich die Adam Opel AG, die SGL Group sowie die Fraunhofer-Institute für Siliziumtechnologie ISIT und für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM. Aufgabe des ISIT ist es, die Lithium-Batteriezellen für die Batteriemodule herzustellen und mit Sensoren auszustatten, um Temperatur- und Ladezustand exakt zu erfassen. Das Zusammenspiel von Batterien und Thermalsystemen optimieren die Experten des ITWM mithilfe von Simulationsmodellen.

Mehr Energie speichern

Große Hoffnungen für die Entwicklung besonders leistungsfähiger Batterien setzen Experten in den Einsatz neuer Materialien. Insbesondere Schwefel gilt als ein äußerst viel versprechender Werkstoff: Er ermöglicht deutlich höhere Energiedichten und ist im Vergleich zum knappen Kobalt – dem hauptsächlich in Lithium-Ionen-Batterien verwendeten Kathodenmaterial – in nahezu unbegrenzten Mengen verfügbar und dadurch günstiger. Der Nachteil: Schwefel besitzt eine geringe Leitfähigkeit. Deshalb muss er in eine leitfähige Matrix eingebracht werden. So lässt er sich besser elektrochemisch nutzen. In dem Projekt »AlkaSuSi« entwickeln Forscher des ICT und des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden neue Konzepte für Lithium-Silizium/Schwefel-Zellen. Ihre Idee: Sie nutzen Kohlenstoffnanoröhren(CNT)-Elektroden als Träger für Schwefel oder Lithiumsulfid. In die vertikal ausgerichteten CNTs kann der Schwefel infiltriert werden. Man erhält stabile, kompakte Elektroden, ganz ohne Zusatz von Bindern oder anderen Additiven.

Der große Vorteil dieses neuen Batterien-Typs: Lithium-Schwefel-Batterien können auf gleichem Raum mehr als doppelt so viel Energie speichern wie herkömmliche Akkus.



Bild links: Kleinserien
Hochleistungslithium-
Akkumulatoren mit
Elementen zur Wärme-
abfuhr.

© Fraunhofer ISIT

Fraunhofer-Allianz Batterien

Insgesamt 19 Institute haben sich in der Fraunhofer-Allianz Batterien zusammengeschlossen. Die Forscher entwickeln und optimieren nicht nur Materialien und Fertigungsprozesse von Batterien, sondern arbeiten auch an wirtschaftlichen und effizienten Systemlösungen für mobile und stationäre Anwendungen. Weitere Schwerpunkte sind die Simulation der Batterien von der atomaren Skala bis zum Verhalten in der praktischen Anwendung sowie die Sicherheitstest der Energiesysteme.

 www.batterien.fraunhofer.de

Bild rechts: Batteriemodul.
© Fraunhofer ICT

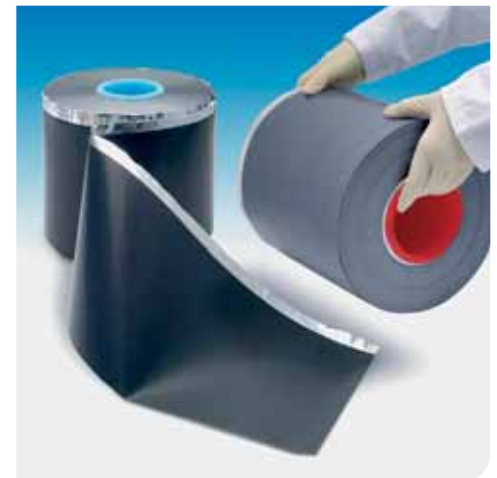


Bild oben: Industriell gefertigte Elektrodenfolien zur Herstellung von Lithium-Polymer-Akkumulatoren.

© Fraunhofer ISIT

Künftig sollen Lithium-Schwefel-Batterien sogar bis zu 600 Watt-Stunden pro Kilogramm (Wh/kg) ansammeln können. Zum Vergleich: Aktuell verwendete Lithium-Ionen-Akkus kommen auf maximal 250 Wh/kg. Allerdings haben die Systeme auch einen entscheidenden Nachteil: Bisher halten sie nur 50 bis 200 Ladezyklen. Das ist viel zu wenig.

Hier setzen die Arbeiten der Wissenschaftler des IWS an. Sie haben ein neues Batteriedesign entwickelt, das die Aufladezyklen von Lithium-Schwefel-Akkus um das Siebenfache erhöht. »Durch eine besondere Kombination aus Anoden- und Kathodenmaterial konnten wir die Lebensdauer von Lithium-Schwefel-Knopfzellen auf 1400 Zyklen ausdehnen«, beschreibt Dr. Holger Althues, Leiter »Chemische Oberflächentechnologie« am IWS den Durchbruch seines Teams. Die Anode ihres Prototyps besteht nicht – wie sonst üblich – aus metallischem Lithium, sondern aus einer Silizium-Kohlenstoff-Verbindung. Um die Stabilität der Schwefel-Kathode zu erhöhen, nutzen die Wissenschaftler poröse Kohlenstoffe.

Noch mehr Energie können künftig Metall-Luft-Batterien liefern. Diese verfügen über eine theoretische Energiedichte von mehr als 1000 Wh/kg. Die Besonderheit: Bei der Kathode handelt es sich um eine poröse Elektrode mit Luftkontakt. Dieser Batterietyp findet bis heute vor allem als Zink-Luft-Primärbatterien in Hörgeräten Einsatz. Am Transfer zu größeren und aufladbaren Batteriesystemen wie sie zum Beispiel für stationäre Anwendungen gebraucht werden, arbeitet derzeit das ISC. In einem Projekt in Bayern wird hier an einem ganzheitlichen Konzept für eine optimale Abstimmung der Luftp Kathode auf die Zinkanode für eine hohe Zyklenstabilität geforscht. Besonders großes Potenzial haben Lithium-Luft-Batterien. Aber noch gibt es viel Forschungs- und Entwick-

lungsarbeit. Denn bisher existieren nur Primärzellen. Für zyklenstabile Zellen konnten bislang keine ganzheitlichen Materialkonzepte demonstriert werden. Daran arbeiten Forscher der Projektgruppe »Elektrische Energiespeicher« des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Oldenburg an. Die Wissenschaftler erforschen neue Konzepte für die Elektroden, Zellen und Batteriestacks.

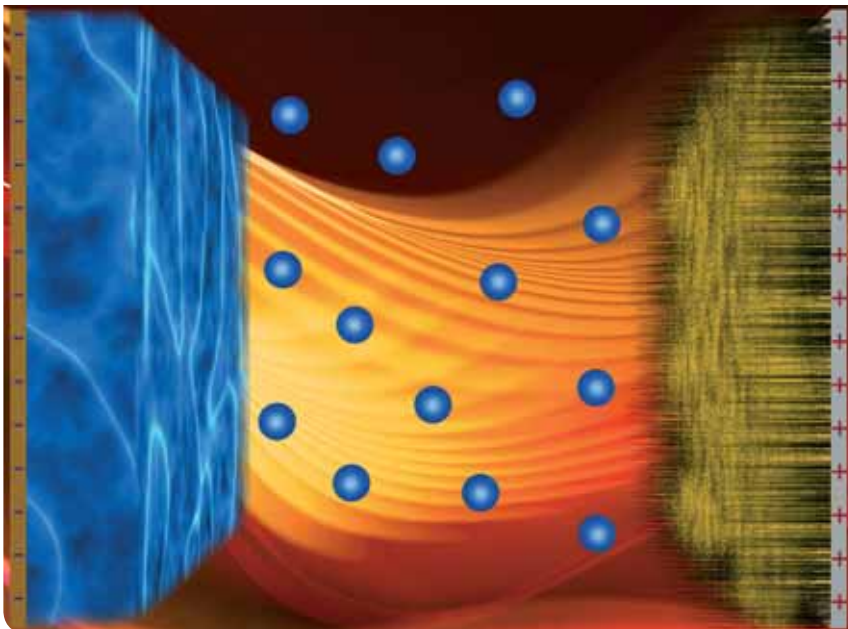
Doch wann werden die Technologien so weit entwickelt sein, dass man sie einsetzen kann? Welcher Batterietyp wird in den nächsten Jahren Stromer antreiben? Diese Fragestellungen haben Forscher des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe in der »Technologie-Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030« untersucht. Ihr Fazit: Zunächst kommen Hochvolt-Lithium-Ionen-Systeme mit mehr als vier Volt zum Einsatz. Diese Batterien der Dritten Generation werden in den kommenden zehn Jahren für die Elektromobilität relevant sein. Bis die Lithium-Akkus der Vierten Generation ausgereift sind, dauert es noch. Die Experten erwarten, dass die Li-Schwefel-Technologie etwa 2020 und die Li-Luft-Batterie nach 2030 der Elektromobilität zu einem breiten Durchbruch verhelfen können. »Wirkliche Technologiesprünge hinsichtlich Energiedichten und somit hohen Reichweiten sind erst mit Post-Lithium-Ionen-Batterien deutlich jenseits des Jahres 2020 zu erwarten«, fasst Projektleiter Dr. Axel Thielmann die Ergebnisse der Roadmap zusammen. Deshalb sollte mittelfristig neben Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität auch die Brennstoffzelle als Komplementärtechnologie mit betrachtet werden.

Akkus wiederverwerten

In Deutschland waren im Jahr 2012 etwa 1,3 Millionen E-Bikes unterwegs. ISC-Forscher untersuchen im Projekt PEDELEC in enger Kooperation mit Industrie- und Forschungspartnern die realen Belastungsprofile von Pedelec-Akkus bei Berufspendlern. Die Wissenschaftler lassen die Batterien im Labor gezielt altern und untersuchen sie anschließend mittels Post-Mortem-Analyse, um das Langzeitverhalten besser zu verstehen. Die Erkenntnisse dienen sowohl der Weiterentwicklung von Batteriedesign und -materialien als auch dem Zukunftsthema Recycling.

Aber wie lassen sich die Akkus wiederverwerten? Kann man die wertvollen Inhaltsstoffe recyceln und den CO₂-Fußabdruck der Batterien verringern? Diese Fragen untersuchen Forscher in dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Projekt »Automotive Battery Recycling and 2nd Life«. Wissenschaftler des ISC und der Fraunhofer-Projektgruppe Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS in Alzenau/Hanau arbeiten daran, die Erkenntnisse über Zellchemie und Degradation der enthaltenen Wertstoffe für das Batterierecycling zu nutzen.

Schema einer Lithium-Schwefel-Batteriezelle.
© Fraunhofer IWS



Leistungsfähige Stromspeicher sind aber nicht nur ein wichtiger Baustein für den Durchbruch der Elektromobilität. Sie stellen auch den Schlüssel zu einer erfolgreichen Energiewende dar. Im vergangenen Jahr wurden bereits fast 23 Prozent des deutschen Bruttostromverbrauchs aus erneuerbaren Quellen gedeckt. Und bis zum Jahr 2020 sollen Wind, Sonne, Biomasse und Wasserkraft sogar 35 Prozent unseres Strombedarfs liefern. Doch leider bläst der Wind und scheint die Sonne nicht immer dann am stärksten, wenn der Energiebedarf am höchsten ist. Um die fluktuierende Erzeugung mit dem schwankenden Bedarf in Einklang zu bringen, werden neuartige Stromspeicher benötigt.

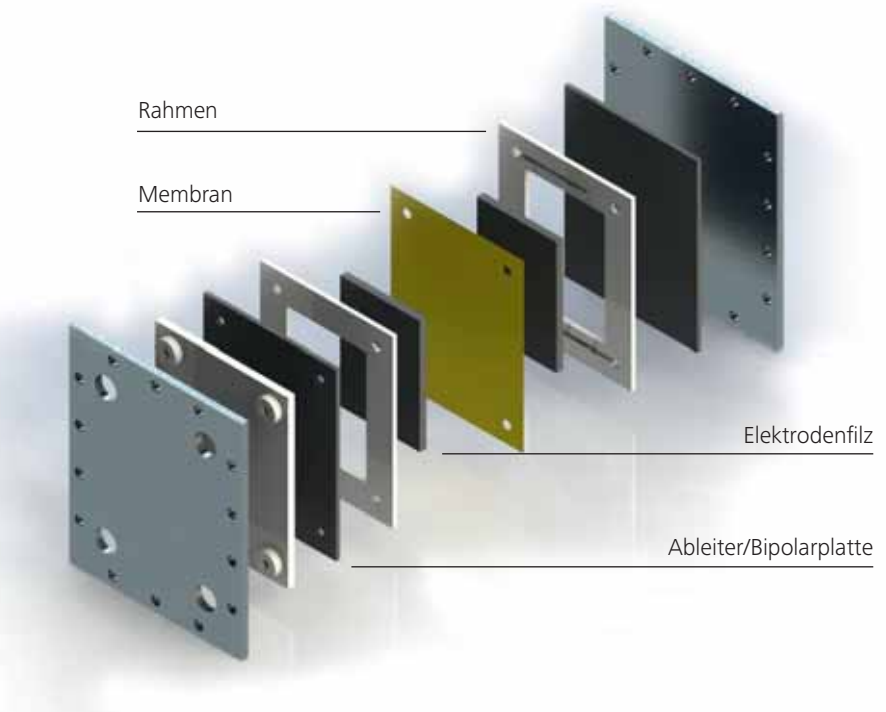
Batterien für die Energiewende

Eine Lösung sind Redox-Flow-Batterien. Sie speichern elektrische Energie in den flüssigen Elektrolyten. Die Ladung und Entladung der Elektrolyten findet dabei in elektrochemischen Zellen statt. Mehrere dieser Zellen werden hintereinander zu Stapeln, sogenannten Stacks, aufgereiht. Die bislang auf dem Markt verfügbaren Zellen besitzen eine Fläche von etwa einem DIN-A4-Blatt. Ein Stapel aus solchen Zellen verfügt je nach Zellenanzahl über eine Leistung von ein bis drei kW. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT in Oberhausen konnten nun die Größe der Stacks deutlich steigern. Dank eines neuen Designs ist es ihnen gelungen, Stacks mit einer Fläche von einem halben Quadratmeter zu fertigen. Das entspricht einer Leistung von 25 kW.

Wie Redox-Flow-Batterien sich als Speicher für Strom aus Wind nutzen lassen, untersuchen Forscher des ICT im Projekt RedoxWind. Dazu bauen sie eine Versuchsanlage zur elektrochemischen Speicherung von Energie zusammen mit einem 2-Megawatt-Windrad auf. So wollen die Wissenschaftler das Zusammenspiel zwischen fluktuierender Energielieferung durch Windkraft und dem elektrochemischen, stationären Speicher studieren. In dem Projekt wollen die Experten mithilfe industrieller Verarbeitungstechniken kostengünstige Batteriestapel entwickeln. Eine innovative elektrische Anbindung durch Kombination der Leistungselektronik von Windrad und Batterie soll nicht nur die Effizienz des Speichers erhöhen, sondern die Kosten noch weiter senken.

Damit man Strom aus Wind und Sonne speichern kann, kombinieren Wissenschaftler des ISC Lithium-Ionen-Batterien und Superkondensatoren: Lithium-Ionen-Batterien können zwar viel Energie aufnehmen, haben aber recht lange Ladezeiten. Superkondensatoren speichern die Energie schnell, allerdings ist ihre Energiedichte gering. Das neue System »Li-Cap« vereint die Vorteile beider Technologien und kann auf den jeweiligen Bedarf flexibel angepasst werden.

Aber helfen dezentrale Solarstromspeicher auch, erneuerbare Energien in das Stromnetz zu integrieren und intelligente



Netze zu etablieren? Ja – das ist das Ergebnis einer Untersuchung des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE im Auftrag des Bundesverbands Solarwirtschaft. Neben der Flexibilisierung des Kraftwerksparks und dem Ausbau der Elektrizitätsnetze sind Stromspeichersysteme wichtige Bausteine für eine nachhaltige Energieversorgung. Nur so kann langfristig die Energiewende erfolgreich umgesetzt werden. Die Freiburger Forscher weisen in ihrem Gutachten nach, dass der Einsatz von dezentralen Speichern bei entsprechender Betriebsweise die Netzspannung stabilisiert und die Anschlusskapazitäten für den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien im Zuge der Energiewende erhöht. »Unter der Voraussetzung einer netzdienlichen Betriebsweise kann ein solcher Stromspeicher die Einspeisespitze um bis zu 40 Prozent reduzieren«, betont Dr.-Ing. Christof Wittwer vom ISE.

Redox-Flow-Batterie –
Zellenkonstruktion.
© Fraunhofer ICT

Erneuerbare Energien aus der Konserve sind ein lukrativer Markt: Der Bedarf an kurzfristiger Energiespeicherung wird sich bis 2025 verdoppeln. Zu diesem Ergebnis kommt die Denkfabrik der Deutschen Bank »DB Research« in der Analyse »Moderne Stromspeicher: Unverzichtbare Bausteine der Energiewende«. In den kommenden zwei Dekaden summiert sich der Investitionsbedarf für neue Energiespeicher allein in Deutschland auf etwa 30 Milliarden Euro. Und spätestens 2040 ist eine regelmäßige Speicherung von 40 Terawattstunden notwendig, um die sich abzeichnenden Überschüsse aufzufangen. Höchste Zeit also für die Entwicklung neuer Batteriekonzepte. ■



www.fraunhofer.de/audio

Diagnostik All Inclusive

Fraunhofer-Forscher entwickeln Computerprogramme, die Ärzte bei der Brustkrebs-Diagnose unterstützen.

Text: Frank Grotelüschen

Der Deutschen Gesellschaft für Senologie zufolge erkranken jährlich circa 75 000 Frauen an Brustkrebs.
© Fraunhofer MEVIS

Früherkennung ist bei Krebs ein entscheidendes Kriterium. Je eher ein Tumor erkannt wird, umso höher sind die Heilungschancen. Um beispielsweise Brustkrebs in einem sehr frühen Stadium diagnostizieren zu können, gibt es eine breite Palette von Verfahren: Bei der Mammographie durchleuchtet man das Gewebe mit Röntgenstrahlung. Die Magnet-Resonanz-Tomographie MRT nutzt Magnetfelder, beim Ultraschall erzeugt ein Schallfeld das Bild. Und für eine Biopsie entnehmen die Ärzte mithilfe feiner Nadeln Gewebeprobe. Das Fraunhofer-Institut für Bildgestützte Medizin MEVIS in Bremen entwickelt Softwaresysteme, mit denen sich die Bilder schneller und genauer auswerten und dadurch die Diagnosen treffsicherer machen lassen.

Rechnertricks gegen die Deformation

Ein Beispiel ist die MRT-Untersuchung. Hier wird der Patientin ein Kontrastmittel verabreicht, das sich im Tumorgewebe anreichert. Indem die Ärzte die Bilder von vor und nach der Kontrastmittel-Gabe miteinander vergleichen, können sie kleinste Geschwülste erkennen. Allerdings dauert die Prozedur bis zu 15 Minuten. Solange verharren die wenigsten Menschen reglos in der MRT-Röhre – die meisten bewegen sich ein wenig. »Das erschwert die Auswertung der Bilder«, sagt Institutsleiter Prof. Dr. Horst Hahn.

»Die Bewegung führt dazu, dass die Bilder von vor und nach der Kontrastmittel-Verabreichung verschoben sind.«

Dieser Störeffekt lässt sich durch Computerverfahren zur Deformationskorrektur ausgleichen, die Fraunhofer-Forscher in Bremen entwickeln. Das Prinzip: Die Software rechnet die Bilder zurück und verschiebt sie an die ursprüngliche Stelle, als hätte sich nichts bewegt. Zur Illustration zeigt MEVIS-Wissenschaftler Markus Harz auf einen Laptop. Darauf sind zwei MRT-Aufnahmen einer weiblichen Brust zu sehen – das eine mit, das andere ohne Korrekturalgorithmus. »Bei dem Bild ohne Korrektur fällt der Hautsaum auf«, erläutert Harz. »Die Haut erscheint übertrieben dick und hell, was durch die Bewegung der Patientin verursacht wird.«

Wichtiger aber für die Ärzte ist: Auch manche Flecken im Gewebe erscheinen wegen der Bewegung heller. Das kann bei der Diagnose zu Fehleinschätzungen führen. Mithilfe einer Deformationskorrektur kann man diese Fehlerquelle einschränken: Auf dem korrigierten Bild erscheint der Hautsaum weniger breit, und die Flecken im Gewebe sind nun deutlich dunkler.

Dahinter steckt ein ausgefeilter Algorithmus, basierend auf den Gleichungen der Elastizitätstheorie. Diese beschreiben, wie sich ein Material

bei Belastung deformiert. Konkret bilden die Experten das Gewebe als dreidimensionales Modell im PC nach. Danach unterteilen sie es in viele kleine Kästchen. Für jedes dieser Kästchen berechnet der Computer simultan, wie stark es sich während der Aufnahme bewegt. Als Resultat erhält man die gesamte Deformation, sodass auf dem Bildschirm das korrigierte Bild erscheint – als hätte sich die Patientin nie bewegt.

Seit einigen Jahren kommt die Software in Klinken und Arztpraxen zum Einsatz. Jetzt haben sie die Forscher erweitert und können auch Aufnahmen korrigieren, zwischen denen Monate liegen statt nur Minuten. MEVIS-Experte Fabian Zöhrer zeigt zwei MRT-Aufnahmen einer Patientin, aufgenommen in einem Abstand von einem Jahr. Deutlich zu sehen ist: Die Bilder sind nicht deckungsgleich. »Offenbar war die Frau bei der alten Aufnahme anders gelagert als bei der neuen«, sagt Zöhrer. »Womöglich hat sich auch ihr Gewicht verändert.«

Manchmal sind die Unterschiede so groß, dass es schwierig wird, einen Bildausschnitt aus der alten Aufnahme im neuen Bild wiederzufinden. Hier kann die neue Software ebenfalls helfen. Zöhrer demonstriert sie an seinem Laptop und deutet auf einen hellen Fleck im Gewebe. »Klicke ich ihn auf dem alten Bild an, zeigt ihn die Software umgehend auch auf dem neuen Bild.

Bei den Radiologen hat die Software großen Anklang gefunden«, sagt Zöhrer. »Jetzt verhandeln wir mit Industriepartnern, um sie in die Praxis einzuführen.«

Ein weiteres Projekt ist die multimodale Positionskorrektur oder Deformationskorrektur. Immer öfter werden Patientinnen heute mit verschiedenen Methoden durchleuchtet. Der Grund: »Bei Frauen mit sehr dichtem Brustgewebe liefert die Mammographie oft keine genauen Ergebnisse«, sagt Projekt-Kooperationspartnerin Kathy Schilling, Chefärztin am Boca Raton Regional Hospital im US-Bundesstaat Florida. »Bei ihnen sind zusätzliche Untersuchungen sinnvoll, etwa per Ultraschall oder MRT.«

Zwar liefern alle Methoden wertvolle, sich ergänzende Informationen. Doch befindet sich die Patientin bei jeder Untersuchung in einer anderen Position – bei der einen liegt sie auf dem Bauch, bei der anderen sitzt sie. Durch die unterschiedlichen Lagen kann sich auch die Position eines Tumors oder einer verdächtigen Stelle drastisch ändern, was den Vergleich der unterschiedlichen Bilder häufig erschwert.

Dieses Manko lässt sich mittels einer Deformationskorrektur ausgleichen. »Mit ihr können wir die Position eines Tumors automatisch von einem Datensatz in einen anderen transformieren«, erläutert MEVIS-Experte Joachim Georgii. »Das erleichtert dem Radiologen die Navigation.« In der Praxis heißt das: Auf einem Ultraschallbild im Computer markiert der Arzt eine bestimmte Stelle im Gewebe. Neben dem Ultraschallbild ist eine Röntgenaufnahme derselben Patientin zu sehen. Auf dieser Aufnahme erscheint nun ein kleiner Kreis – dieselbe Stelle wie im Ultraschall, automatisch identifiziert von der neuen MEVIS-Software.

Noch wichtiger könnte eines Tages eine andere Methode werden, an der die MEVIS-Experten arbeiten – die Verknüpfung von MRT- und Röntgenaufnahmen mit jenen Informationen, die Pathologen aus Gewebeproben gewinnen und auf deren Grundlage sie gutartige von bösartigen Zellen unterscheiden. Basis ist die digitale Pathologie, die allmählich in den Kliniken Einzug hält. Hierbei betrachten die Experten die Gewebeschnitte nicht mehr unter dem Lichtmikroskop, sondern als digitalisierten Datensatz auf dem Rechnermonitor.

Im EU-Projekt »VPH-PRISM« arbeiten die Fraunhofer-Forscher am MEVIS daran, diese Informationen mit den Röntgen- und MRT-Aufnahmen der entsprechenden Patientin zu korrelieren. »Heute betrachten die Ärzte die

Bilder noch separat. Mammographie- und MRT-Aufnahmen sind auf einem Monitor, die pathologischen Daten auf einem anderen«, erklärt Horst Hahn. »Wir wollen beides in eine Software integrieren.«

Unter anderem könnte dieses Computerprogramm die genaue Herkunft der Probe im Gewebe dokumentieren – wichtig, um radiologische und pathologische Informationen stärker zu vernetzen und dadurch die Therapie zu unterstützen. »Zum Beispiel soll unser System bei der Entscheidung helfen, ob eine Chemotherapie Erfolg versprechend ist oder eine Strahlentherapie eingesetzt werden sollte«, sagt Hahn. »Und es soll den Chirurgen Hinweise darauf geben, welches Gewebe sie bei einer OP wegschneiden sollten und welches nicht.« Damit könnten die

Mediziner einem wichtigen Ziel näher kommen – so viele Eingriffe wie möglich brusterhaltend zu gestalten.

Die Vision ist letztlich ein System, in dem alle therapielevanten Informationen einer Patientin zusammenfließen. »Wir könnten deutlich effizienter arbeiten, wenn uns sämtliche Daten auf einem einzigen Bildschirm angezeigt würden, von den Röntgen-, MRT- und Ultraschallaufnahmen über die Risikofaktoren bis hin zu den Mikroskopiebildern der Gewebeproben«, erläutert Kathy Schilling. »Das wäre eine fantastische Unterstützung für uns Radiologen und dürfte die Genauigkeit unserer Diagnosen mit Sicherheit verbessern.« ■



www.fraunhofer.de/audio
online ab 14. Oktober 2013

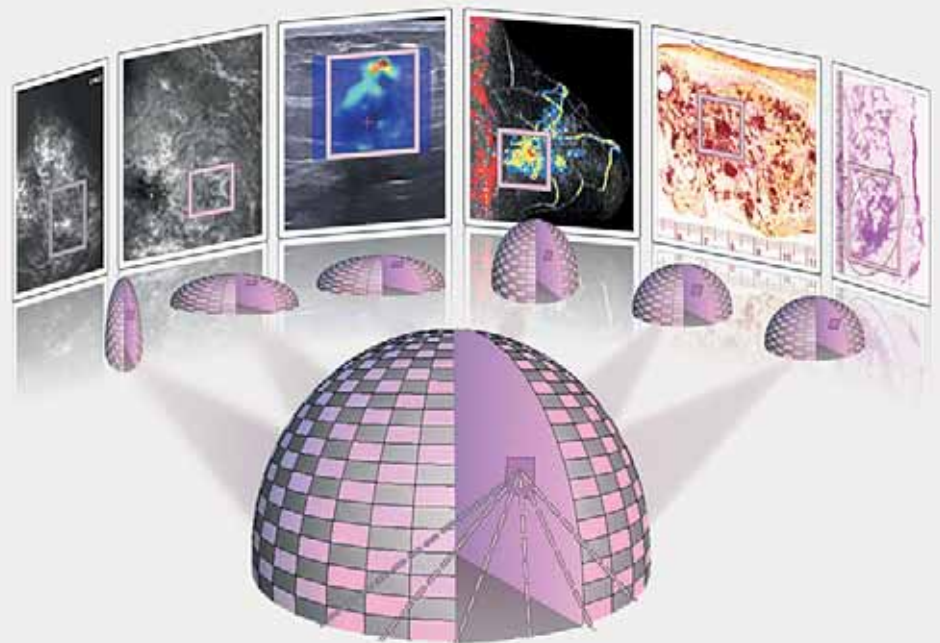
Methoden zur Diagnose und Früherkennung von Brustkrebs

Schematische Darstellung eines zentralen undeformierten Modells der Brust – als kleine Schemata zu sehen sind beispielhaft die ungefähren Brustkompressionen bei den entsprechenden Aufnahmen. Die unterschiedlichen Deformationen werden auf das undeformierte Standardmodell gerechnet, sodass die Positionen aus allen Bildern auf ein Modell abgebildet werden können. Dies erlaubt auch die Übertragung der Positionen zwischen den einzelnen Bildern.

© Fraunhofer MEVIS

Bilder oben von links nach rechts:

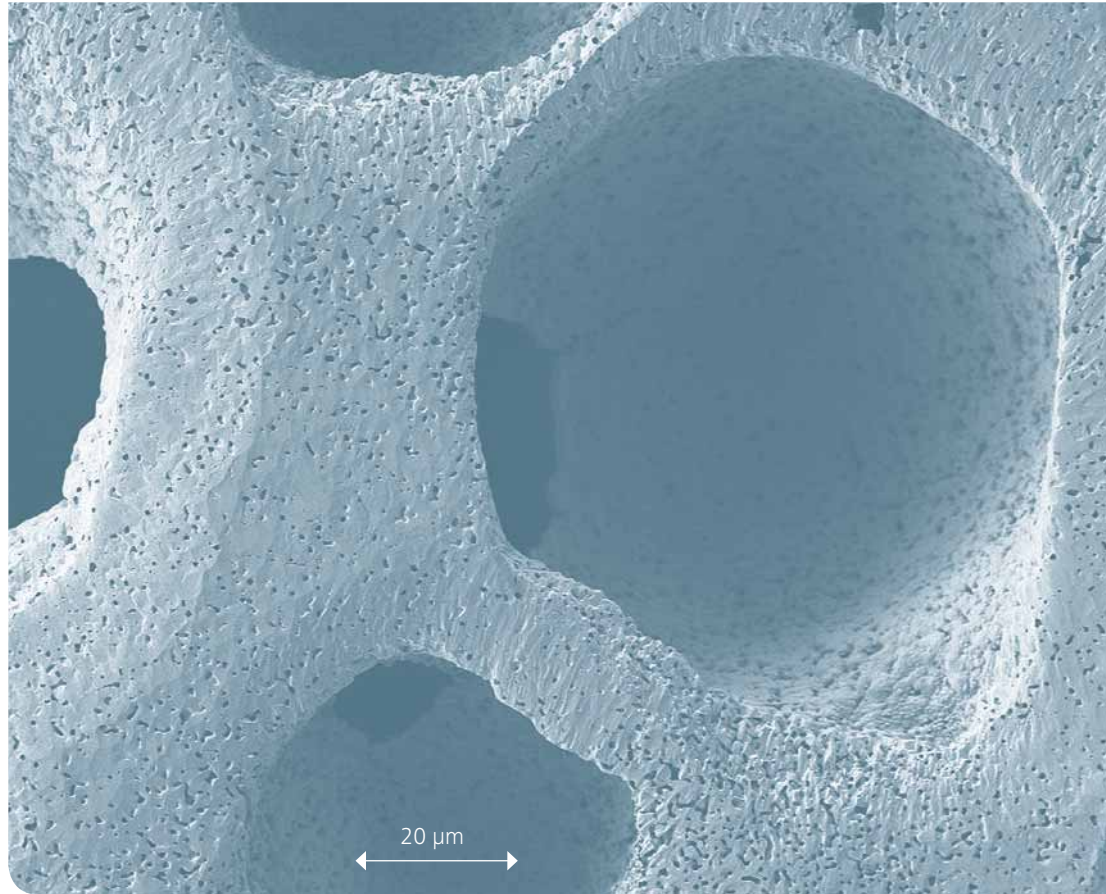
- 1) Mammographie – Standardmethode in Screening und Diagnose.
- 2) Ultraschall (Automatischer Brust Volumen-Ultraschall ABUS, 3D) – gute Abklärung von Zysten und keine Strahlung.
- 3) Ultraschall (plus Elastographie = Farbe, 2D) – mit Aussagen über die Steifigkeit des Gewebes
- 4) MRT mit Kontrastmittelgabe (mehrere Aufnahmen in zeitlicher Abfolge, 3D) – wird für Abklärung und zur Chirurgieplanung benutzt, sehr hohe Sensitivität.
- 5) 3D Histologie – Gewebeentnahme aus der Brust. Klassifizierung von Gewebe in gut und bösartig.
- 6) Histologie – Gewebeentnahme Brust, Klassifizierung von Gewebe in gut und bösartig.



Aus Bruch mach neu

Dresdner Fraunhofer-Forscher entwickeln Implantate, die das Potenzial haben, sich in eigene Knochensubstanz umzuwandeln und vollständig in den Körper zu integrieren.

Text: Franziska Kopold



Unser Knochengerüst ist ein faszinierendes Konstrukt. Das Knochenmaterial ist stabil, verhältnismäßig leicht und verfügt über eindrucksvolle regenerative Fähigkeiten. Bricht ein Knochen glatt durch, so genügt es oft schon, die entsprechenden Gliedmaßen ruhig zu stellen. Deutlich schwieriger gestaltet sich die Heilung bei mehreren Frakturen oder wenn anhaltende Instabilitäten zu befürchten sind.

Ist der eigene Knochen nicht mehr zu erhalten, bietet die moderne Medizintechnik zahlreiche Möglichkeiten, Patienten mit körpereigenen Transplantaten oder künstlichen Lösungen zu unterstützen. Einziges Manko: oftmals treten allergische oder gar Abstoßungsreaktionen auf. Darüber hinaus verbleiben synthetische Implantate, wie beispielsweise Titanstrukturen, als Fremdkörper im Organismus und müssen nicht selten operativ wieder entfernt werden. Ideal wäre daher ein Implantat, das aus körperverschmelzbaren Stoffen besteht und nach und nach durch körpereigenes Material ersetzt

wird. Am Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS in Dresden sind Forscher dieser Vision einen entscheidenden Schritt näher gekommen.

Matthias Ahlhelm befasst sich dort mit der Herstellung belastbarer Implantate aus biokompatiblen und damit für den Körper besonders gut verträglichen Materialien.

Als hierfür geeignet erschien ihm Hydroxylapatit. Das Mineral bildet die Grundlage für Zähne und Knochen aller Wirbeltiere. Daher ist es in besonderem Maße verträglich. Zudem ist es bioaktiv, das heißt ein entsprechendes Implantat lässt es zu, dass sich körpereigene Knochenzellen anhaften und es nach und nach ersetzen. Allerdings ist Hydroxylapatit relativ druckempfindlich. Um dies auszugleichen, ergänzte der Wissenschaftler sein Ausgangsmaterial mit Zirkoniumdioxid, einer Hochleistungskeramik, ebenfalls biokompatibel und sehr druckbeständig. »Bei diesem Material kommt es per se zu keiner chemischen

oder biologischen Wechselwirkung zwischen Implantat und Gewebe, es sind daher auch keine Abstoßungsreaktion des Körpers zu erwarten«, erläutert Ahlhelm seine Entscheidung.

Gefrierschäume ermöglichen Zellkultivierung

Über das Verfahren der Gefrierschäumung lassen sich beide Materialien, ihre Eigenschaften und die damit verbundenen Möglichkeiten kombinieren und so ein belastbares, verträgliches Implantat herstellen. Das ebenfalls am IKTS entwickelte sogenannte Gefrier-Direktschäumen bezeichnet das Aufschäumen einer wässrigen Suspension mit direkt anschließender Trocknung der entstandenen porösen Struktur in einer vorgegebenen Form. »Schäume besitzen generell eine schwammartige Struktur, die mit der natürlichen Knochenstruktur von Säugetieren in Teilen nahezu identisch ist. Da sie durch die körpereigenen Knochenzellen und die Blutgefäße sehr schnell durchwachsen und komplett eingebaut

Die schwammartige Struktur des Implantats ähnelt dem natürlichen Knochenaufbau. © Fraunhofer IKTS

werden können, eignen sie sich besonders gut als Knochenersatz«, erklärt der Wissenschaftler.

Bei seinen Versuchen stellt Ahlhelm eine mit einer wässrigen Suspension gefüllte Form in den Gefriertrockner und senkt in diesem den Umgebungsdruck. Das hat zur Folge, dass die der Suspension durch den Homogenisierungsprozess zugeführte Luft, vor allem aber entstehender Wasserdampf die Suspension aufschäumen. Da die zunehmende Verdampfung die Temperatur weiter absenkt, friert die Suspension am Tripelpunkt von Wasser, also genau beim Überschreiten des Punktes von flüssig, gasförmig und festem Gleichgewichtszustand, schlagartig ein. Über die Stellflächen im Gefriertrockner abgegebene Heizwärme trocknet den stabilen Schaum im Anschluss. Das gefrorene Wasser geht dabei direkt vom festen in den gasförmigen Aggregatzustand über.

Während des Schäumungsvorgangs verbinden sich die kleineren Blasen, die Stege zwischen den Schaumbläschen werden dünner, definierte kleinere Porenstrukturen gehen verloren. Diese zu kontrollierenden Vorgänge von Koaleszenz, Ostwald-Reifung und Drainage führen zu offener Porosität und dazu, dass die körpereigenen Zellen beim Einbau in den Patienten durch die miteinander verbundenen Hohlräume kommunizieren können.

Ahlhelm prüfte Stabilität, Mikrostruktur, Druckfestigkeit und Porengrößenverteilung des gefriereschäumten Materials. Das Resultat überzeugte ihn: Die Beschaffenheit, vor allem die Struktur des Schaums, schien die beste Voraussetzung für eine Zellkultivierung zu bieten. Um diese Annahme zu verifizieren, unterzog er die Keramikschäume zusammen mit Kollegen des Fraunhofer-Instituts für Biomedizinische Technik IBMT biologischen Tests. Diese Versuche lieferten ein eindeutig positives Ergebnis: Zellen wachsen an der Keramik an. Das Team konnte

sogar eine rege Zellaktivität nachweisen. Es bildeten sich neue Zellen aus.

Damit rückt der Einsatz dieser Spezialschäume als Implantate in greifbare Nähe: Durch die Kombination und das entsprechende Mischverhältnis der Materialien besitzen sie eine dem realen Knochen ähnliche Härte, sind nachweislich biokompatibel und eignen sich zur Zellkultivierung. »Dadurch, dass sich die organisierten, lebenden Zellen und die Oberfläche des Knochenimplantats derart gut verbinden – funktionell wie strukturell – ist ein potenzieller Einsatz als Implantat im Menschen denkbar«, freut sich Ahlhelm.

Während des Heilungsprozesses würde sich das in den Körper eingesetzte Hydroxylapatit-Material abbauen, lediglich das Zirkoniumdioxid-Gerüst bliebe strukturunterstützend im Knochengewebe erhalten.

Individuell angepasste Implantate in greifbarer Nähe

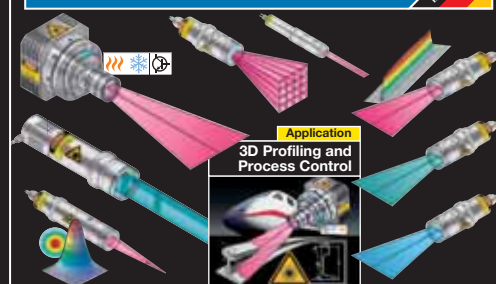
Der Prozess der Gefrierschäumung ermöglicht es, Implantate in beliebige Rohformen aufzuschäumen. So ist durchaus denkbar, patientenspezifisch Material herzustellen, passgenau auf Gewicht und Größe des Behandelten abgestimmt. Das Potenzial dieser Technologie für die Medizin ist groß, das Interesse der Industrie entsprechend hoch. In-vitro laufen bereits erfolgreiche Versuche, die keramischen Schaumimplantate einzusetzen. In-vivo-Tests sollen nun die Möglichkeiten der Implantate im Organismus aufzeigen.

»Neben den beschriebenen können auch andere, möglicherweise noch geeignetere Materialien aufgeschäumt werden«, gibt Ahlhelm einen Ausblick. »Unser Ziel ist es, ein Implantat zu haben, das alles kann: ein Material, das Zellwachstum garantiert, druckfest ist – und zudem vollständig abbaubar.« ■

Laser Line, Micro Focus, Laser Pattern Generators

www.SuKHamburg.com/laserlines

Made in Germany



Components and Tools for Research and Machine Vision

Line Scan Cameras

Color, monochrome, or TDI sensors. from 512 to 12000 pixels

www.SuKHamburg.com/linescan

Made in Germany

Modular Interface Concept:

Analog: RS422

Digital: LVDS

CAMERA LINK

USB 2.0

GIGABIT

ETHERNET

USB 3.0

NEW



Fiber Optic Components

polarization maintaining for wavelengths 350 – 2200 nm

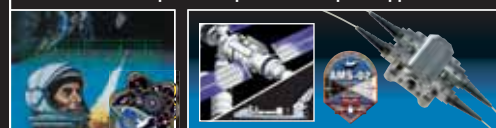
www.SuKHamburg.com/fiberoptics

Including: Laser beam couplers 60SMS-..., fiber collimators 60FC-..., low noise laser sources 51nano-..., **Titanium** fiber optic components and fiber optics for quantum optics (e.g. fiber collimator 60FC-Q with integrated quarter wave plate).

Made in Germany

Special Developments and Customized Solutions

Laser and Fiber Optics Components for Space Applications



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

Schäfter + Kirchhoff

info@SukHamburg.de

www.SuKHamburg.com

Mit Schallwellen besser produzieren

Ultraschall ist ein vielseitiges Werkzeug, in dem noch viel Potenzial steckt. Zusammen mit Fraunhofer-Wissenschaftlern erschließen Entwickler der Firma DEVAD in Kombination mit herkömmlichen Produktionstechniken immer neue Anwendungsfelder.

Text: Andreas Beuthner

Beim ultraschallunterstützten Drehen lassen sich Effekte wie höhere Schnittgeschwindigkeiten, geringere Schnittkräfte und längere Werkzeugstandzeiten erreichen. © Fraunhofer IWU

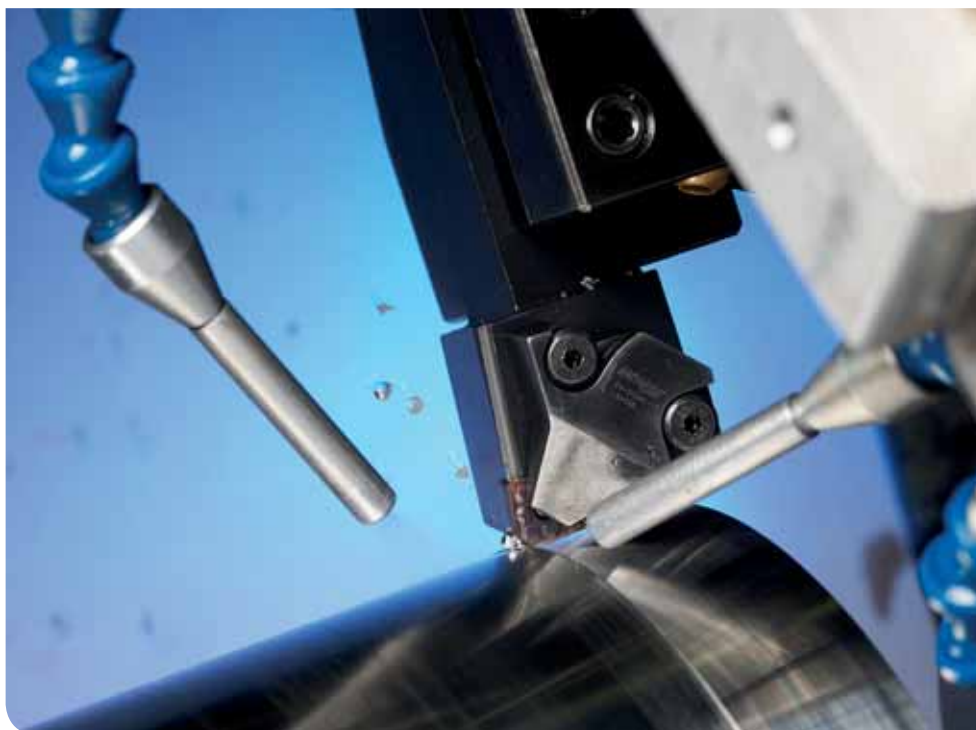
DEVAD GmbH
Warthestraße 21
14513 Teltow (Berlin), Germany
Telefon +49 3328 437 480
Fax +49 3328 437 488
www.devad.biz

Gründung: 2007

Mitarbeiter: 25

Umsatz: 875 000 Euro

Produkte: Ultraschallprozessoren und Ultraschallanlagen



Mit ultraschallunterstützten Werkzeugen kann die Spanbildung beim Bohren gezielt beeinflusst werden.
© Fraunhofer IWU

Auf den ersten Blick sieht das Gerät aus wie die Zapfsäule einer Tankstelle. Ein roter Druckknopf an der Frontseite deutet allerdings darauf hin, dass dieses blitzblankes Edelstahlgebilde weniger für Kraftstoff geeignet ist, sondern in eine Fabrikhalle gehört. Es ist ein Reinigungsgerät, das Öle, Fette und Staubpartikel von Drähten und anderen Streckmetallen entfernt. »Das geschieht durch Ultraschall per Kavitation«, erklärt kurz und bündig Holger Hielscher, Geschäftsführer der DEVAD Development Advanced in Teltow.

Kavitation ist ein Effekt, den Ingenieure und Entwickler schon seit langem im Zusammenhang mit Ultraschallprozessoren technisch nutzen. Durch das akustische Beschallen von Flüssigkeiten entstehen Vakuumblasen, die nach kurzer Zeit implodieren. Je nach Schallleistung entwickeln sich durch die Implosion erhebliche mechanische Kräfte, die ausreichen, um verschmutzte Oberflächen von Fremdpartikeln zu befreien. Der diplomierte Maschinenbauer kennt sich damit gut aus, schon der Vater, Gründer der Dr. Hielscher GmbH, hat mit Ultraschallquellen, Pumpen, Heizelementen und Trocknungsdüsen den Grundstein für innovative Ultraschallanlagen gelegt.

Nach dem Generationenwechsel wird das Unternehmen neu aufgestellt

Als im Dezember 2007 der Generationenwechsel im Familienunternehmen Hielscher ins Haus steht, gehen die zwei Söhne an den Start und stellen das Unternehmen neu auf. Die Hielscher Ultrasonics nimmt den internationalen Markt für Hochleistungsultraschall-Systeme ins Visier und konzentriert sich auf Fertigung, Vertrieb und Akquisition. Forschung und Entwicklung wandert mit allen dafür erforderlichen personellen Ressourcen in die neue Gesellschaft DEVAD. »Die Trennung des operativen Geschäfts von den Entwicklungsaktivitäten zielt auf mehr Wettbewerbsfähigkeit«, sagt Holger Hielscher. Das zwölfköpfige Entwicklerteam kann jetzt nahezu unbehelligt vom Tagesgeschäft richtig loslegen und neue Ideen für den Einsatz von Ultraschalltechnik im Laborbereich und für industrielle Anwendungen verfolgen.

Der kleine, innovative Think-Tank in Berlin-Teltow ist es auch, der den Weg zu Fraunhofer-Forschern findet. »Wir verstehen viel von Ultraschallkomponenten, aber bei grundlegenden Neuerungen und komplexen Bearbeitungsprozessen ist zusätzliches Expertenwissen sehr hilfreich«, sagt Hielscher. Zahlreiche Verfahrensfragen rund um ultraschallunterstützte Produktionstechniken sind noch unbeantwortet. Beispielsweise zählt das Einkoppeln von Ultraschallschwingungen für die Unterstützung hocheffizienter Bearbeitungswerkzeuge zu den Forschungsfeldern des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU. »Das Potenzial zur Produktivitätssteigerung von Bearbeitungsmaschinen durch

Ultraschall ist noch längst nicht ausgeschöpft«, so Hielscher. Ein erstes gemeinsames Entwicklungsprojekt mit IWU-Wissenschaftlern befasst sich mit Ultraschallequipment für zerspanende und umformende Werkzeugmaschinen. Das Ziel: ein modular aufgebautes Gesamtsystem, das sich für verschiedene Bearbeitungsaufgaben eignet. Viel Zeit haben Hielscher und sein DEVAD-Team nicht benötigt, um passende Ultraschallgeneratoren und Wandlerysteme zu finden. Der Erfolg war eine gute Voraussetzung für eine weiterführende Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut.

Einkoppeln von Ultraschallschwingungen verbessert Drahtherstellung

Der nächste Coup lässt nicht lange auf sich warten. Diesmal geht es um eine spezielle Anwendung im Bereich der Drahtherstellung. Metallische Drähte bekommen ihre Form auf einer industriellen Ziehbank. Durch das Einkoppeln von Ultraschallschwingungen in die Formänderungszone des Drahts soll der gesamte Ziehprozess schneller ablaufen. Wie aber muss man den Ziehstein per Ultraschall anregen, damit mehr Draht pro Sekunde entsteht? »Das geht nur mit sehr großen Schallamplituden und damit größerer Leistung«, sagt Hielscher. Bis zu 16 Kilowatt Ultraschallleistung je Schaltungseinheit erreichen Hielscher-Anlagen derzeit. Damit lässt sich jeder Ziehstein in die richtige Schwingung versetzen.

Kaum hat DEVAD das Anregungsprinzip für Ziehsteine zum Patent angemeldet, entstehen schon wieder neue Ideen. Ein weiterer Produktivitätsschub für das Drahtziehen ergibt sich, wenn ein Ultraschallgenerator nicht nur einen, sondern gleich mehrere Ziehsteine in Schwingung versetzen kann. Hochgetaktete Multidrahtziehsysteme auf Basis der Hochleistungsultraschalltechnologie aus dem Hause Hielscher sind noch Zukunftsmusik, aber die Blaupausen für solche Optionen im Fertigungsbereich gibt es bereits. »Durch die Zusammenarbeit mit den Fraunhofer-Spezialisten für Umformung und Fertigung haben sich viele Tore für die ultraschallunterstützten Prozesse in diesem Bereich geöffnet«, freut sich Hielscher.

Was die Zukunft noch alles bringt, ist schwer vorherzusehen. Fest steht, dass von künftigen Entwicklungsanstrengungen der Serienbau profitieren und sich durch die Überführung von Know-how in die praktische Anwendung neue Chancen auf tun werden. Etwa 80 Patente hat Holger Hielscher bereits in der Schublade und es sollen noch mehr werden: »Jedes Jahr ein neues Produkt ist doch eine gute Vorlage«, lacht Hielscher. Vielleicht hilft ihm dabei auch eine Dissertation, die er am IWU schreiben will. Thema der Arbeit, die von Professor Reimund Neugebauer betreut wird: Entwicklung einer Hochleistungsultraschall-Einheit mit hohen Schwingungsamplituden zur ultraschallunterstützten Materialbearbeitung. ■

Europa packt die Häuser ein

Europa wird grün. Wenn alles nach Plan geht, werden von 2020 an keine Gebäude mehr errichtet, die Energie verschwenden. In einem EU-Projekt erarbeiten Forscher jetzt die Datengrundlage für Niedrigstenergie-Gebäude.

Text: Monika Weiner

Exzellente Partner

Österreich:

Energy Economics Group Institute of Power Systems and Energy Economics Vienna University of Technology (EEG) – Projektkoordinator

Belgien:

Buildings Performance Institute
Europe (BPIE)

Bulgarien:

Sofia Energy Agency (SOFENA)

Tschechische Republik:

SEVEN, The Energy Efficiency Center

Finland:

National Consumer Research
Centre (NCRC)

Frankreich:

Enerdata

Deutschland:

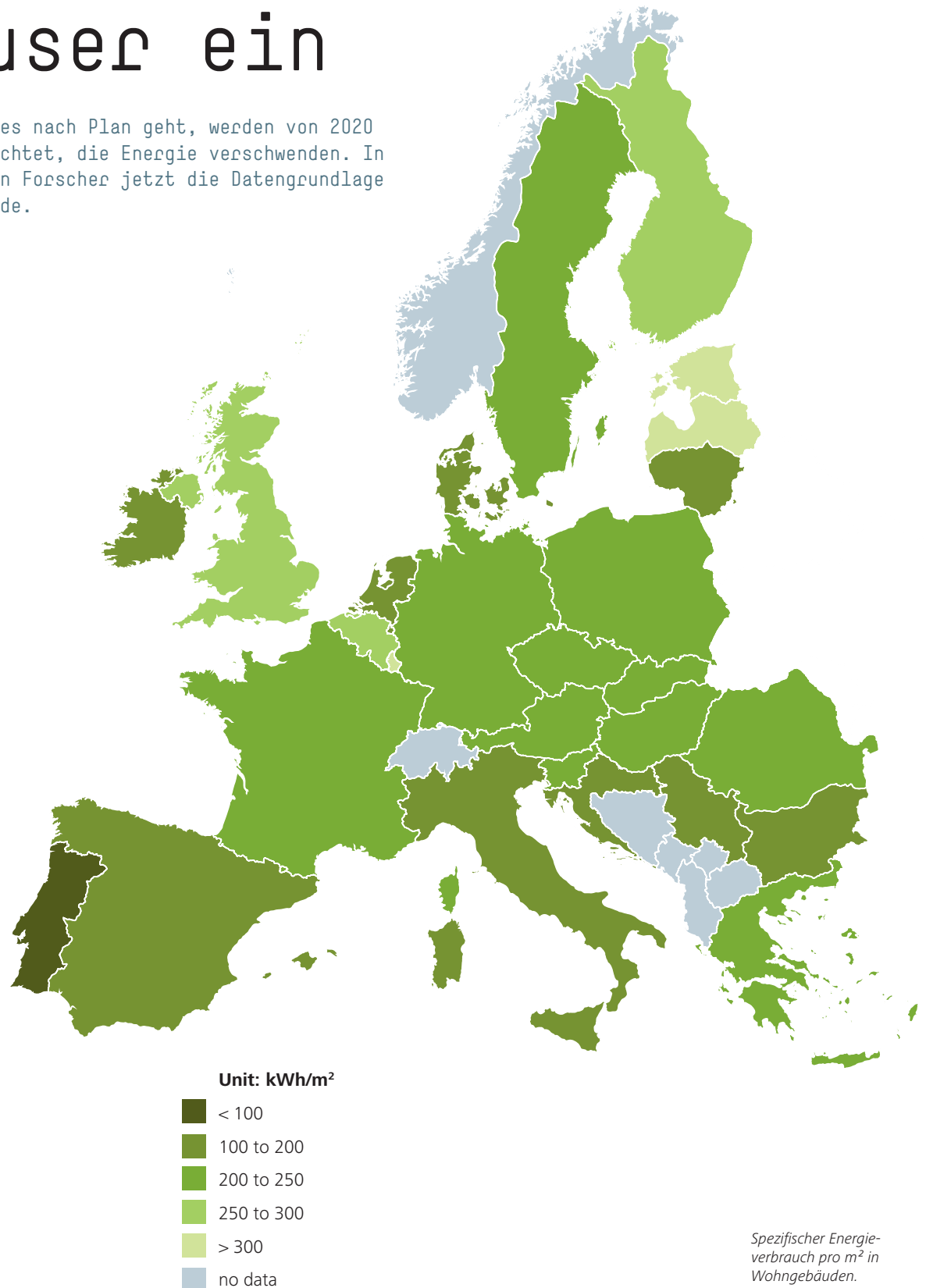
Fraunhofer-Gesellschaft
Öko-Institut e. V.

Italien:

end-use Efficiency Research Group (eERG), Politecnico di Milano

Spanien:

National Renewable Energy
Centre (CENER)



Sparen ist angesagt: Bis zum Jahr 2020 sollen die Europäer den Ausstoß von Treibhausgasen um 20 Prozent reduzieren und die Energieeffizienz um 20 Prozent steigern. Am schnellsten lassen sich diese Ziele erreichen, wenn man den Rotstift da ansetzt, wo die meiste Energie verbraucht wird: bei den Gebäuden. Nach Hochrechnungen der International Energy Agency IEA wurden in den industrialisierten Ländern etwa 40 Prozent der Energie für das Heizen und Kühlen von Häusern verbraucht. Doch das muss nicht sein: Wärmedämmte Fenster und Wände, alternative Heiztechnik oder auch Solarkollektoren auf dem Dach können den Verbrauch drastisch senken. Patentlösungen, die für alle Europäer gelten, gibt es allerdings nicht.

Welche Technik sich lohnt, ist vor allem eine Frage des Standorts: Die Investition in Wärmedämmung amortisiert sich in Finnland schneller als in Griechenland, mit effektiven Kälteaggregaten lässt sich in Spanien mehr Energie sparen als in Holland. Eine Solarthermie-Anlage auf dem Dach zahlt sich in Südtalien innerhalb weniger Jahre aus, in Deutschland dauert es länger. Fazit: Wer Häuser bauen will, die mit einem Minimum an Energie auskommen – Nearly Zero Energy Buildings –, muss für unterschiedliche Klimaregionen spezifische Konzepte entwickeln. Wie diese aussehen könnten, untersucht derzeit ein internationales Forscherteam im EU-Projekt ENTRANZE. Die Abkürzung steht für Politics to Enforce the Transition to Nearly Zero Energy Buildings in Europe. Vor einem Jahr begannen die Wissenschaftler mit der Arbeit. Koordiniert durch die Experten für Energiesysteme und Energieökonomie der TU Wien, wurden Daten von gewerblich oder privat genutzten Gebäuden aus 27 EU-Staaten sowie Kroatien und Serbien zusammengetragen: Konsumentenforscher aus Finnland haben Interviews mit Experten geführt und Datenbanken durchstöbert, französische IT-Spezialisten eine Software entwickelt, mit der sich die Informationen schnell und übersichtlich darstellen lassen.

Mittlerweile ist das interaktive Datenbank-Tool online: Ein Mausklick genügt, um herauszufinden, dass ein EU-Bürger in Luxemburg fünfmal mehr Energie benötigt, als einer, der in Malta

wohnt. Oder dass in den Niederlanden und Großbritannien überwiegend mit Gas geheizt wird, während Schweden und Portugiesen vor allem Strom nutzen. Der »U-Wert«, der anzeigt, wie viel Wärme durch die Wände entweicht, ist in Estland, Schweden und Finnland wegen der guten Wärmedämmung besonders niedrig, in Malta hingegen sehr hoch.



»Die regionalen Unterschiede sind enorm«, resümiert Judit Kockat, Spezialistin für Energieeffizienz in Gebäuden am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe. »Die Ursachen sind sehr vielfältig – kulturell, klimatisch, demographisch, aber auch bedingt durch die Gesetzgebung. Und zwischen all diesen Faktoren gibt es zudem noch Wechselwirkungen.« So ist beispielsweise in Deutschland eine gute Wärmedämmung bei Neubauten und Renovierungen gesetzlich vorgeschrieben. Dennoch belegt die Bundesrepublik im EU-Vergleich nur einen Mittelwert. Dafür gibt es mehrere Gründe: Zum einen ist die Zahl der Neubauten – und damit auch der Niedrigenergie-Häuser – relativ niedrig. Zum anderen wird die Renovierung von vermieteten Wohnungen, davon gibt es in Deutschland besonders viele, nur dann durchgeführt, wenn alle Eigentümer einverstanden sind. Das ist nicht überall so. In Österreich beispielsweise kann man Minderheiten überstimmen – damit steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Sanierungsmaßnahmen beschlossen werden. Auch das Alter der Besitzer spielt eine Rolle: Wer in den eigenen vier Wänden wohnt und weiß, dass er nicht mehr lange leben wird, investiert nicht in Energiespartechiken, die sich erst Jahrzehnte später auszahlen, weiß Kockat: »Die Erhebungen machen deutlich, wie viele Faktoren es gibt und wie komplex die Zusammenhänge sind.«

Eine Standardlösung für ganz Europa kann es da nicht geben: »Die neuen Niedrigstenergie-Häuser werden überall anders aussehen«, erklärt Jan Steinbach, Experte für erneuerbare Technologien am ISI. Im Süden Europas wird man sparen, indem man das heiße Wasser in Solarthermie-Anlagen auf dem Dach erzeugt, Südfassaden

beschattet oder nur einzelne Räume mit effizient arbeitenden Kälteaggregaten bestückt, während die Nordeuropäer eher in Wärmedämmtechnik investieren werden. »Das entscheidende Kriterium für alle wird sein, dass die neuen Niedrigstenergie-Häuser klimaneutral sein müssen: Soweit Energie zum Heizen und Kühlen benötigt wird, muss diese überwiegend aus regenerativen Quellen stammen«, so Steinbach. Denkbar sind seiner Ansicht nach sowohl dezentrale Lösungen wie Solarthermie- und Photovoltaikanlagen auf dem Dach oder Wärmepumpen, als auch zentrale Fernwärmelösungen, beispielsweise durch Biomasse-Heizkraftwerke zur gekoppelten Wärme- und Stromerzeugung.

Und wie motiviert man die Menschen, solche Häuser zu bauen? Die Forscher im EU-Projekt vergleichen derzeit die gesetzlichen Vorgaben, die in den unterschiedlichen Ländern gelten, und analysieren die Auswirkungen, berichtet Kockat: »Die deutsche Energieeinsparverordnung sehen viele Ländern als vorbildlich, weil hier konkrete Werte vorgegeben werden, um eine Qualität der Wärmedämmung zu garantieren. Gleichzeitig stehen aber auch Fördermittel für jene Maßnahmen zur Verfügung, die für den einzelnen Hausbesitzer unwirtschaftlich wären. Diese Zuschüsse werden durch das Marktanreizprogramm und verschiedene Programme der Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW vergeben.«

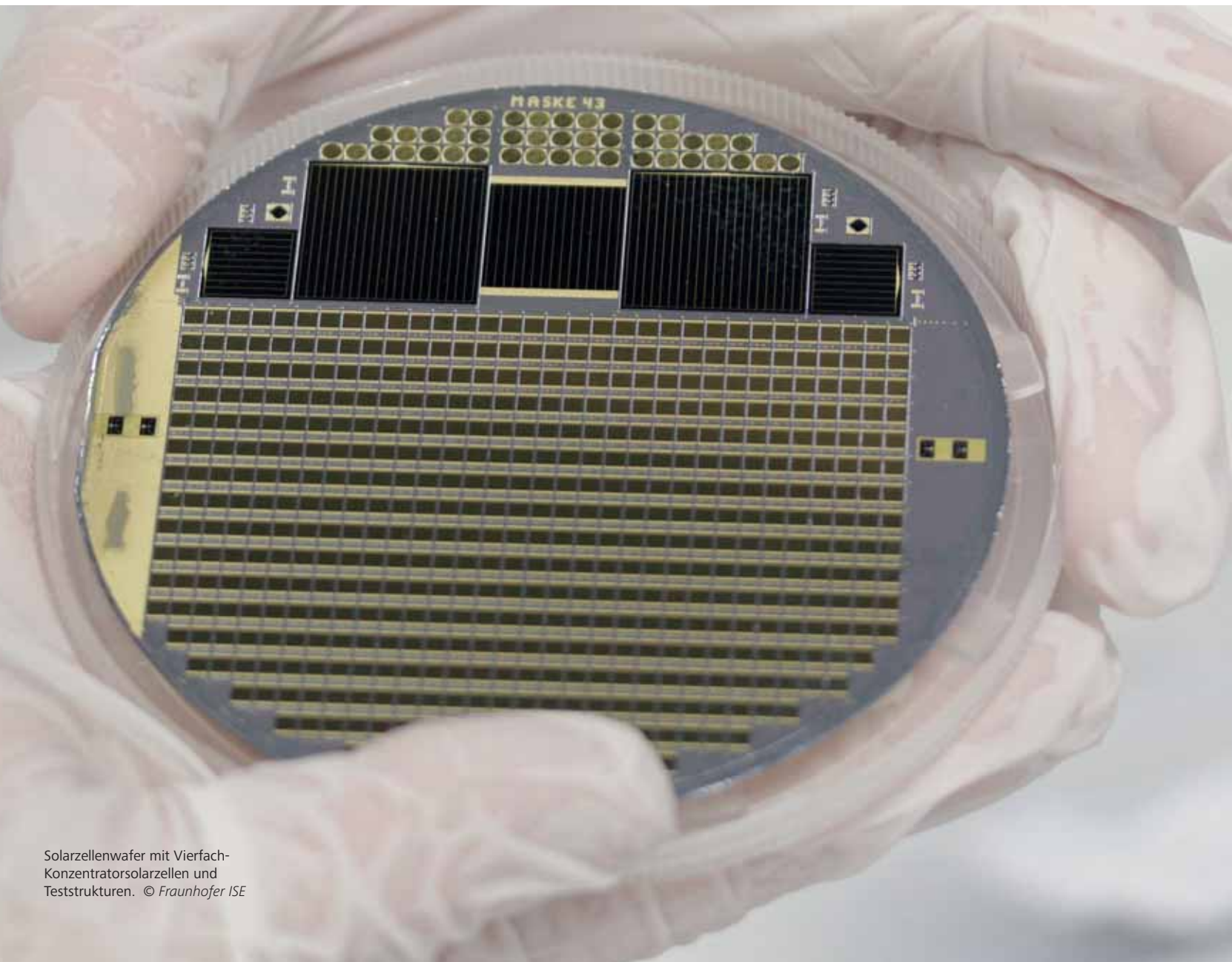
Welche Gesetze, Verordnungen und Energiesparanreize sich am besten eignen, um die Klimaziele zu erreichen, wollen die Experten bis zum Ende des Projekts herausfinden. Im November 2014 werden sie die Ergebnisse der EU-Kommission und den Regierungen von Mitgliedsländern vorstellen. Derzeit modellieren die Spezialisten am ISI, welche Auswirkungen Verordnungen auf das Investitionsverhalten der Bürger und die Energiebilanz der Länder haben. »Das Interesse der politischen Entscheidungsträger ist schon jetzt sehr groß und wird noch wachsen, wenn das Jahr 2020 näherrückt«, prognostiziert Kockat. ■

 www.fraunhofer.de/audio
online ab 16. Dezember 2013

Solarzellen mit voller Konzentration

In einem Industrieprojekt mit der französischen Firma SOITEC arbeiten Fraunhofer-Forscher an einer neuen Generation von Mehrfach-Solarzellen. Diese haben das Potenzial, in Zukunft Wirkungsgrade von bis zu 47 Prozent unter konzentriertem Sonnenlicht zu erreichen.

Text: Monika Offenberger



Einen hellen Sommertag, eine Lupe und ein Blatt Papier – mehr braucht es nicht, um die enorme Energie des Sonnenlichts zu demonstrieren. Denn mit dem Glas lassen sich die Strahlen im Brennpunkt bündeln, der seinem Namen sehr schnell alle Ehre macht. Wie viel Sonnenenergie dort ankommt und wozu sie sich nutzen lässt, hängt letztlich vom Aufbau der Linse und von der Beschaffenheit der beschienenen Oberfläche ab. Beides haben Forscher des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg für die Stromerzeugung optimiert. Das Ergebnis ist eine neue Generation von Mehrfach-Solarzellen, die doppelt so hohe Wirkungsgrade erreicht wie die besten Siliziumzellen.

Die Idee, Licht zu konzentrieren und dadurch die Energieausbeute zu erhöhen, ist so alt wie die Photovoltaik selbst. Denn mit einer guten Linse – die bedeutend billiger ist als jedes Halbleitermaterial – lassen sich die Sonnenstrahlen auf eine sehr kleine Fläche bündeln und damit Kosten für das Solarzellenmaterial sparen. Gleichzeitig steigt der Wirkungsgrad der Energieumwandlung unter konzentriertem Licht an. Am ISE, dem größten Solarforschungsinstitut Europas, engagiert sich ein Team um den stellvertretenden Institutsleiter Dr. Andreas Bett seit Langem in der Entwicklung der konzentrierenden Photovoltaik. Wie leistungsfähig diese neue Technologie sein kann, haben die ISE-Forscher bereits 2009 gezeigt: Damals erzielten sie mit einer Dreifach-Solarzelle unter 500-fach gebündeltem Sonnenlicht einen Wirkungsgrad von 41,1 Prozent – und markierten damit seinerzeit den Weltrekord. Seither ist dieser Wert mehrmals gesteigert worden, und er geht weiter nach oben. »Siliziumzellen haben dagegen im vergangenen Jahrzehnt kaum zugelegt. Die besten von ihnen liegen mit einem Wirkungsgrad von 25 Prozent bereits sehr nahe an dem theoretisch erreichbaren Grenzwert von 29 Prozent«, sagt Dr. Frank Dimroth, der am ISE den Marktbereich »III-V-Epitaxie und Solarzellen« leitet.

Wirkungsvolle Halbleiterkristalle

Der Name von Dimroths Fachgebiet verweist auf jene wirkungsvollen Halbleiterkristalle, die dem Silizium zusehends den Rang ablaufen. Sie enthalten Verbindungen aus Gallium, Indium, Aluminium, Arsen oder Phosphor – also aus Elementen, die im chemischen Periodensystem der III. oder V. Gruppe zugeordnet werden. Diese

Materialien sind vergleichsweise teuer. Doch sie arbeiten auch unter stark gebündeltem Sonnenlicht noch zuverlässig und sind daher bestens geeignet für die konzentrierende Photovoltaik. III-V-Halbleiter haben gegenüber Silizium noch einen weiteren Vorteil: Je nachdem, welche Elemente in der Kristallstruktur gebunden werden, vermögen sie jeweils etwas andere Bereiche des Sonnenlichts zu absorbieren und in Strom umzuwandeln. »Die Sonnenenergie kommt ja nicht wie bei Lasern oder Leuchtdioden mit nur einer Wellenlänge bei uns an, sondern strahlt in vielen verschiedenen Frequenzen des Spektrums. Das beginnt bei 300 und endet bei einigen tausend Nanometern«, so Dimroth. Wenn man mehrere unterschiedliche Kristalle kombiniert, dann können sie gemeinsam einen größeren Anteil des Sonnenspektrums zur Stromerzeugung nutzen, als jeder einzeln für sich.

Die Idee ist simpel, ihre Umsetzung dagegen äußerst komplex. »Das Problem liegt darin, dass die verschiedenen III-V-Kristalle eigentlich nicht zueinander passen, weil sie unterschiedliche Gitterkonstanten haben«, sagt ISE-Forscher Dimroth. Trotzdem konnte der Physiker gleich vier verschiedene Halbleiterkristalle in einer Solarzelle vereinen. So lässt sich das verwertbare Spektrum des Sonnenlichts gegenüber der Dreifachzelle nochmals erweitern. Dieses Kunststück gelingt durch folgenden Trick: Zunächst werden je zwei Teilzellen auf verschiedenen III-V-Substraten abgeschieden. Die beiden entstandenen Tandem-Solarzellen verpresst man dann durch das Wafer-bond-Verfahren so stark miteinander, dass sich an ihrer Grenzfläche atomare Bindungen ausbilden und den Stromfluss ermöglichen. In der neuen Vierfach-Solarzelle sind fast 40 Halbleiterschichten vereint. »Mit dieser Kombination von Materialien können wir das Spektrum von 300 bis 1800 Nanometern effizient nutzen«, betont Frank Dimroth. Zum Vergleich: Siliziumzellen decken lediglich einen Wellenlängenbereich bis 1200 Nanometer ab.

Die neuartigen Zellen nehmen jeweils eine Fläche von nur fünf Quadratmillimeter ein. Sie sollen in einigen Jahren in den photovoltaischen Konzentratormodulen der französischen Firma SOITEC zum Einsatz kommen, deren leistungsstarke Linsen das Sonnenlicht bis zu 500-fach konzentrieren. Das Unternehmen ist durch eine lange gemeinsame Historie mit dem ISE verbunden: Der Bereich der Konzentrator-Photovoltaik ging aus der Firma Concentrix Solar hervor, die

bereits im Jahr 2005 als Spin-off in Freiburg gegründet worden war, um die neue Technologie möglichst schnell aus den Forschungslabors heraus auf den Markt bringen zu können. SOITEC hat die Konzentrator-Photovoltaik-Module in die Serienfertigung gebracht und ist heute Weltmarktführer auf dieser Technologie. Solarkraftwerke in 14 Ländern setzten sie bereits ein, bevorzugt an Standorten mit besonders hoher Sonneneinstrahlung: Die ersten Solarparks entstanden in Spanien, weitere folgten in New Mexico, USA. Zahlreiche kleinere Systemeinheiten von wenigen hundert Kilowatt Leistung arbeiten in Italien und Frankreich, und in Südafrika errichtet man derzeit eine große Anlage mit 30 Megawatt Leistung.

Zusammenarbeit mit SOITEC

Die Zusammenarbeit zwischen SOITEC und dem ISE in Freiburg intensivierte sich 2009 mit dem Projekt SolarBond, das vom Bundesforschungsministerium BMBF und seinem französischen Pendant, der Agence Nationale de la Recherche ANR, gefördert wurde. Der Dritte im Bunde war eines der größten Institute für anwendungsorientierte Forschung zu Mikroelektronik und Nanotechnologien in Frankreich, das CEA-LETI mit Sitz in Grenoble. Den Kooperationspartnern gelang innerhalb von zwei Jahren ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur Kommerzialisierung der neuen Vierfach-Solarzellen: Sie verarbeiteten erstmals ultradünne III-V-Solarzellenschichten und wiederverwendbare Substrate. Dafür haben sie den Deutsch-Französischen Wirtschaftspreis erhalten.

Seither entwickelt das ISE die hocheffizienten Solarzellen im Auftrag von SOITEC weiter. »Die Zellen, die heute kommerziell in Konzentrator-Modulen eingesetzt werden, erreichen einen mittleren Wirkungsgrad von 39 Prozent. Dagegen liegt die beste Vierfachzelle derzeit bei 43,6 Prozent«, erklärt Frank Dimroth. Doch damit gibt sich der Fraunhofer-Experte nicht zufrieden. Denn es finden sich einige Stellschrauben, die man noch etwas höher drehen könnte. So ließen sich etwa die spezifischen Eigenschaften der Kristallschichten verbessern oder die optische Transparenz von Zwischenschichten erhöhen, glaubt Frank Dimroth und fährt fort: »Ich bin zuversichtlich, dass wir noch ein ganzes Stück höher kommen. Unser nächster Meilenstein heißt 47 Prozent – und dann ist immer noch Luft nach oben.« ■

Aufprallschutz für Mutter Erde

Im EU-Projekt NEO Shield entwickeln Forscher Strategien dafür, wie sich unser Planet vor Asteroideneinschlägen schützen lässt.

Text: Monika Weiner

Asteroiden nähern sich der Erde mit einer Geschwindigkeit fünf bis 30 Kilometern in der Sekunde. Tausende der erdnahen Objekte (Near Earth Objects, NEO) wurden in den vergangenen 20 Jahren entdeckt. © NASA/JPL-Caltech.



Asteroiden können tödlich sein: Ein einziger Einschlag vor 65 Millionen Jahren genügte, um den Niedergang der Dinosaurier auszulösen. Beim Aufprall eines etwas kleineren Himmelskörpers 1908 wurde der Osten Sibiriens völlig zerstört. Und im vergangenen Sommer meldete die NASA, die Erde sei nur knapp der Kollision mit einem fast drei Kilometer breiten Asteroiden entgangen. Theoretisch kann jederzeit das nächste kosmische Geschöß auftauchen. Welche Folgen hätte dessen Einschlag für uns Menschen? Und: Was könnten wir tun, um die Katastrophe abzuwenden?

Diese Fragen beschäftigen schon seit langem die Autoren von Sciencefictionromanen und Katastrophenfilmen. Doch auch Wissenschaftler suchen nach Antworten: Im EU-Projekt NEO Shield – NEO steht dabei für Near-Earth Objects – entwickelt ein internationales und interdisziplinäres Forscherteam Abwehrstrategien gegen Asteroiden.

Ein namenloser Brocken wird zur tödlichen Gefahr

Die gefährlichen Brocken kommen von weit her: Zwischen Jupiter und Mars kreisen Millionen von potenziellen Bomben um die Sonne: Die Gesteinsfragmente des Asteroidengürtels stammen vermutlich von einem namenlosen Planeten, der

in ferner Vergangenheit zerbrochen ist. Solange diese Trümmer bleiben, wo sie sind, besteht kein Grund zur Beunruhigung. Allerdings werden immer wieder Asteroiden aus der Bahn geworfen, weil sie mit Artgenossen zusammenprallen oder deren Gravitationskraft ihre Flugbahn beeinflusst. Auf diese Weise gelangen die kosmischen Gesteinskörper auf neue Umlaufbahnen um die Sonne, und manchmal – wenn auch selten – geraten sie auf Kollisionskurs mit der Erde.

»Die meisten Meteoriten, die den erdnahen Raum erreichen, stammen aus jenem Asteroidengürtel, deshalb konzentrieren wir uns auf diese Objekte«, erklärt Frank Schäfer vom Fraunhofer-Institut für Kurzezeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI in Freiburg. Im Labor und am Rechner simuliert der Wissenschaftler schon seit Jahren Kollisionen. Zunächst ging es ihm darum, Satelliten zu schützen, deren Haut von Weltraumschrott und kleinen Meteoroiden zerfetzt und aufgeschmolzen werden kann. Zusammen mit Industriepartnern wie Thales Alenia Space, OHB System AG oder Astrium GmbH entwickelte Schäfers Team einen Schutzschild aus Gewebelagen, die den Druck verteilen und so die zerstörerische Wirkung eines Einschlags minimieren. Seit einigen Monaten nutzen die Forscher nun ihr Wissen, um herauszufinden, wie sich Asteroiden verhalten, wenn man sie beschießt.

Die Untersuchungen sind Teil des Projekts NEO Shield, das vom Deutschen Luft- und Raumfahrt-Institut für Planetenforschung koordiniert wird. Spezialisten aus Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Irland, Spanien, USA, Russland und der Schweiz entwickeln gemeinsam Abwehrstrategien gegen Asteroide, die in den erdnahen Raum eindringen.

Patentrezepte gibt es nicht. Die Entscheidung darüber, was zu tun ist, wenn ein kosmischer Brocken unserem Planeten gefährlich nahe kommt, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die entscheidenden sind die Größe und der Zeitpunkt der Entdeckung.

- So lassen sich kleine, maximal hundert Meter dicke Körper, die mehr als 20 Jahre vor einem potenziellen Aufprall geortet werden, relativ einfach abdrängen. Die Modellrechnungen zeigen, dass ein schwerer Satellit, der neben dem Asteroiden herfliegt, diesen auf eine neue Bahn ziehen kann. Verantwortlich hierfür ist die Gravitationskraft, die – dem Newtonschen Gesetz folgend – dafür sorgt, dass sich die zwei massereichen Objekte gegenseitig anziehen. Setzt man diese Gravitationskraft gezielt ein, lässt sich ein Asteroid sanft an der Erde vorbeilenken.
- Große Asteroiden von mehr als 1000 Kilo-

Künstlerische Darstellung eines
Asteridentreffers auf die Erde.
© Donald Davis



Trifft ein Asteroid auf die Erde, sind die Folgen deutlich: Der Barringer-Krater in Arizona hat einen Durchmesser von 1200 Metern und wurde von einem 50-Meter-Asteroiden verursacht. © Stefan Seip/DLR



metern Durchmesser hingegen können zwar relativ kurzfristig, aber nur durch brachiale Gewalt abgewehrt werden: Den Berechnungen zufolge müsste man einen Atomsprensatz auf der Oberfläche oder in der Nähe des kosmischen Objekts zünden, um dessen Bahn zu verändern. Durch die Detonation und das Verdampfen von Material auf der Oberfläche würde ein kräftiger Schub entstehen, der den Asteroiden von der Erde weglenkt.

- Asteroiden von einigen 100 Kilometern Durchmesser dagegen lassen sich mit massereichen Satelliten aus der Bahn katapultieren: Beim Aufprall der »Kinetischen Abwehr« geht der Impuls vom Satelliten auf den kosmischen Körper über – ähnlich, wie wenn eine Billardkugel eine andere in Bewegung versetzt.

Theoretisch klingen diese Abwehr-Strategien ganz einfach. Aber funktionieren sie auch in der Praxis? Mithilfe von Berechnungen, Experimenten und Modellierungen versuchen die NEO Shield-Forscher, diese Frage zu beantworten. »Das Problem ist, dass wir Daten benötigen, die schwer zu bekommen sind«, bekennt Frank Schäfer. »Beispielsweise, wo sich ein Asteroid befindet, wie schnell und wie groß er ist, aus was er besteht, wie hoch seine Porosität und Dichte sind.«

Informationen über den Aufenthaltsort können die Astronomen liefern – allerdings nur, wenn die Brocken von der Sonne bestrahlt werden. Fliegen sie im Dunklen, bleiben sie unentdeckt. Aus diesem Grund tauchen übrigens immer wieder in der Nähe der Erde Asteroiden auf, die noch niemand gesichtet hatte. Dennoch: 9944 potenzielle Bomben hat die National Aeronautics and Space Administration der NASA im erdnahen Raum lokalisiert. Mithilfe der Bilder lässt sich die Größe berechnen, durch die spektrale Untersuchung des Lichts können die Experten auf die mineralogische Zusammensetzung rückschließen. Gelingt es, einen Asteroiden zu beobachten, wenn er an einem Planeten vorbeizieht, so lässt sich von der Bahn auf seine Masse zurückrechnen. Aus Masse, Größe und chemischer Zusammensetzung wiederum ergibt sich die Porosität.



**Fast 10 000 potenzielle
Geschosse: www.neoshield.net**

Der Rest ist unbekannt: Niemand weiß, wie sich Asteroide verhalten, wenn man sie schubst, bombardiert oder sprengt. »Die Reaktion hängt ab von der inneren Struktur, die wir nicht kennen«, berichtet Schäfer. »Ist ein Körper kompakt, verhält er sich anders als einer, der aus Bruchstücken besteht, die auseinanderfliegen und sich

kurz darauf unter dem Einfluss der Gravitation wieder zusammenfügen«. Um den Beschuss eines kosmischen Objekts mit einem Satelliten zu simulieren, verwenden die Wissenschaftler daher unterschiedliche Materialien. Die Asteroid-Modelle im Labor am Fraunhofer-Institut in Freiburg sind kleine Würfel aus dichtem Quarzit, porösem Sandstein und luftigem Porenbeton. Sie werden bombardiert mit Aluminiumprojektilen – diese sollen Satelliten in kleinem Maßstab darstellen. Aus der Auslenkung der Probenwürfel beim Aufprall lässt sich ableiten, welcher Impuls auf einen Asteroiden übertragen werden muss, wie viel Masse man dazu braucht und welche Geschwindigkeit, um seine Bahn ein klein wenig zu ändern. Die Dimensionen sind im wahrsten Sinne des Wortes astronomisch: Um ein Objekt, das einen Durchmesser von 300 Kilometern hat und sich mit zehn Kilometern pro Sekunde bewegt, minimal abzulenken, benötigt man einen Satelliten, der mehrere Tonnen wiegt und ebenso schnell ist wie der Asteroid. So etwas zu bauen, ins All zu befördern und zu beschleunigen, dürfte nicht ganz einfach sein. Dennoch sind die NEO Shield Experten zuversichtlich bis zum Ende der Projektlaufzeit 2015 ein Design für einen Impaktor-Satelliten präsentieren zu können, der in den innerplanetaren Raum hinausfliegt und tatsächlich einen Asteroiden aus der Bahn wirft. ■



Dr. Christian Ehler.

Neue Horizonte

Im September fand die 8. Sicherheitskonferenz »Future Security«, in Berlin statt. Das Fraunhofer-Magazin »weiter.vorn« sprach mit Dr. Christian Ehler über das Thema Sicherheit in Europa und das Forschungsprogramm »Horizon 2020«. Ehler gehört dem Europäischen Parlament an und engagiert sich dort unter anderem im Ausschuss für Industrie, Forschung und Energie, und im Unterausschuss für Sicherheit und Verteidigung.

Welche Schwerpunkte setzt die EU in der Sicherheitsforschung?

Wie auch in anderen Forschungsbereichen orientiert sich die EU in der Sicherheitsforschung an aktuellen gesellschaftlichen Herausforderungen. Im kommenden Forschungsrahmenprogramm »Horizon 2020« sind dazu eine Reihe von Zielen angeführt, welche die Sicherheitsforschung der kommenden Jahre bestimmen werden. Ein wichtiger Schwerpunkt, gerade vor dem Hintergrund aktueller Geschehnisse, wird beispielsweise der Bereich Cybersicherheit bilden. Die rasant zunehmende Anzahl von Cyberattacken und Identitätsdiebstählen im Netz, aber auch vermeintliche Angriffe auf die Privatsphäre der Bürger machen eine verstärkte Forschung nach innovativen Sicherheitslösungen unabdingbar. In diesem Zusammenhang ist auch der Schutz sogenannter kritischer Infrastrukturen entscheidend, da auch diese zunehmend Angriffsziele von Cyberattacken werden können.

Gibt es weitere Schwerpunkte?

Globalen Entwicklungen wie Terrorismus und organisierter Kriminalität muss ebenfalls mit verstärkten Sicherheitsmaßnahmen entgegen gewirkt werden. Auch hier spielt die Sicherheitsforschung eine wichtige Rolle zur Entwicklung von beispielsweise Produkten zur Detektion von potenziellen Gefahren. Dass diese Produkte auch untereinander kompatibel sein müssen, verweist auf einen weiteren Schwerpunkt: die Standardisierung und Interoperabilität. Bei all diesen Schwerpunkten ist die EU natürlich auch darauf bedacht, das enorme Potenzial des europäischen Sicherheitsmarkts und dessen Unternehmen voll auszuschöpfen und mit innovativen Lösungen und Produkten Wirtschafts- und Beschäftigungswachstum zu generieren. Hier ist es wichtig, die gesamte »value chain« zu begleiten, d. h. die Entwicklung einer Forschungsidee bis hin zum fertigen Produkt auf dem Markt. Eine Neuerung in Horizon 2020 stellt die Verbindung der Forschungsförderung mit den Strukturfonds

dar. Auf diese Weise können auch Pilotprojekte gefördert werden, die sonst womöglich von der Förderung ausgeschlossen wären.

Wie können neue Technologien helfen, die Sicherheit zu erhöhen?

In einer zunehmend globalen und vernetzten Welt gibt es immer neue Herausforderungen für die zivile Sicherheit. Akute Bedrohungslagen wie Terrorismus, Organisierte Kriminalität, Naturkatastrophen oder der Ausfall von Versorgungsinfrastrukturen müssen schnell und effektiv beseitigt werden. Vielen dieser Bedrohungen kann nur mit dem Einsatz hochentwickelter Technologien begegnet werden, die sich auf dem neuesten Stand der Forschung bewegen. So sind durch moderne Überwachungstechniken an öffentlichen Plätzen beispielsweise Straf- oder Gewalttaten vermeidbar, der Einsatz innovativer Scan- und Detektionsverfahren kann terroristische Anschläge an Flughäfen verhindern und gleichzeitig den Reisekomfort von Millionen

Passagieren verbessern. Um diese Fortschritte zu erreichen, sind wir auf ständige technische Neuerungen angewiesen, welche sowohl die öffentliche Sicherheit erhöhen, als auch die Bewegungsfreiheit des Einzelnen gewährleisten. Geförderte Projekte des EU-Forschungsrahmenprogramms werden hier auch in Zukunft einen entscheidenden Beitrag leisten.

Welchen Stellenwert hat der Fraunhofer-Verbund Verteidigungs- und Sicherheitsforschung in Europa?

Die einzelnen Fraunhofer-Institute des Verbunds leisten einen sehr entscheidenden Beitrag für die europäische Sicherheitsforschung. Dank ihrer anwendungsorientierten Forschung ist es Ihnen gelungen, verschiedene technologische Sicherheitslösungen und begleitende Konzepte zu entwickeln, die sich auch sehr erfolgreich in Produkten am Markt niederschlagen. Darüber hinaus sind der Verbund und seine Institute in diversen Forschungsprojekten unter dem derzeitigen 7. Forschungsrahmenprogramm eingebunden. Die aus diesen Projekten gewonnene Erfahrung war natürlich auch einer der Grundsteine für die Konzeption des neuen Rahmenprogramms Horizon 2020. Hier hat der Verbund wertvollen Input geleistet. Ich betrachte den Ansatz des Fraunhofer-Verbunds, für sowohl Verteidigungs-, als auch Sicherheitsforschung als wegweisend. Während in der Zeit der vergangenen Systemkonfrontationen, dem sogenannten Kalten Krieg, militärische Rüstung und nicht-militärische zivile Sicherheit weitgehend getrennt voneinander betrachtet wurden, erfordern die aktuellen, vor allem asymmetrischen Konfliktlagen und insbesondere ihre Nachbereitung (peace making, peace keeping, Demokratisierung) eine hohe Kongruenz sowohl militärischer als auch ziviler Lösungen.

Im kommenden Jahr startet das neue Rahmenprogramm für Forschung und Innovation »Horizon 2020«. Können Sie das Programm kurz skizzieren?

Horizon 2020 wird ab 2014 alle bislang bestehenden europäischen Fördermaßnahmen für Forschung und Innovation zusammenführen. Auch das Europäische Institut für Innovation und Technologie (EIT) sowie das Rahmenprogramm

für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation (CIP) werden dann in Horizon 2020 aufgehen. Damit wird es nun endlich auch auf europäischer Ebene möglich, entlang des gesamten Innovationszyklus – das heißt von der Grundlagenforschung bis hin zur Produktdemonstration – nahtlos zu fördern. Dabei sollen auch neue Förderinstrumente hinzukommen, Kredit- und Garantiefazilitäten etwa, öffentliche Beschaffung und ein speziell auf kleine und mittlere Unternehmen ausgerichtetes KMU-Instrument. Horizon 2020 wird also innovations- und anwendungsorientierter sein als das Siebte Rahmenprogramm (FP7). Abgesehen davon werden aber auch viele erfolgreiche Förderinstrumente aus dem letzten Programm fortgeführt, der Europäische Forschungsrat (ERC) oder die Marie-Curie-Maßnahmen zum Beispiel. Die europäische Verbundforschung, in der Hochschulen, Unternehmen und außer-universitäre Forschungsinstitute in Projektkonsortien zusammenarbeiten, wird trotz allem aber weiterhin das Rückgrat des Programms bleiben. Das war auch eine Kernforderung des Europäischen Parlaments. Wir müssen in Europa vorhandene Ressourcen zusammenführen und unsere Forschungseinrichtungen dabei unterstützen, sich international zu vernetzen und stärker mit Unternehmen zusammenzuarbeiten. Nur so können wir beim Technologietransfer besser werden. Im internationalen Vergleich ist das die große europäische Schwäche. Das muss sich unbedingt ändern, damit wir global wettbewerbsfähig bleiben.

Setzt das Förderprogramm besondere Akzente?

Das Parlament hat sich besonders für eine Vereinfachung der Förderregeln und eine Verkürzung der Antragszeit eingesetzt. Nach langen und zähen Verhandlungen, konnten wir endlich durchsetzen, dass die Kommission Antragsstellern nach spätestens fünf Monaten einen vorläufigen Bescheid erteilen muss, nach spätestens acht Monaten muss die Fördervereinbarung unterzeichnet sein. Das ist ein enormer Erfolg – im FP7 betrug die Wartezeit im Schnitt ein Jahr, häufig sogar anderthalb. Innovationsfreundlich war das nicht! Die »Time to Grant« haben wir nun also verkürzt. Das löst aber nur einen Teil des Problems. Viel entscheidender für viele Forscher ist die Zeit, die zwischen der eigentlichen Projektidee und der Marktreife einer Entwicklung vergeht: die »Time from idea to

market« – vor allem, wenn diese Wissenschaftler in Unternehmen forschen. Das Parlament hat es sich deshalb zur Aufgabe gemacht, den starken Top-Down-Ansatz der Kommission, der einer schnellen unkomplizierten Förderung von innovativen Ideen oft im Weg steht, langfristig zu durchbrechen. Was bislang symptomatisch war, nämlich dass es außerhalb der Grundlagenforschung für eine Förderung nach dem Bottom-Up-Prinzip keine Instrumente gab, soll sich jetzt ändern. Um diese Lücke zu füllen, habe ich einen »Fast Track to Innovation« vorgeschlagen. Dabei sollen kleine Konsortien die Möglichkeit haben, jederzeit und ohne spezifische vorherige Ausschreibung Projektvorschläge einzureichen, über deren Förderung dann im Schnellverfahren entschieden wird. Die Methode soll ab 2015 in einem breit angelegten Piloten getestet werden.

Welche Ziele verfolgt die EU mit dem Programm?

Man kann die Ziele des Programms recht gut an seinen drei Förderschwerpunkten erklären: Horizon 2020 will zum einen eine exzellente Grundlagenforschung ermöglichen, die in der Lage ist, mit wissenschaftlichen Durchbrüchen die Basis für die Innovationen von morgen zu legen. Das Budget des European Research Council (ERC) wurde entsprechend fast verdoppelt. Insgesamt erhält die Grundlagenforschung rund 31,7 Prozent der Mittel von Horizon 2020. Zweites Hauptziel des Programms ist es, Europas Industrien wieder zur weltweiten Technologieführerschaft zu verhelfen. Nur Forschung und Innovation können nachhaltig Wachstum und Arbeitsplätze in Europa sichern. Eine Vorreiterrolle im Bereich von Schlüsseltechnologien wie Nano- und Biotechnologie, IKT oder neuen Materialien wird dafür entscheidend sein. Rund 22 Prozent des Budgets fließen daher in deren Entwicklung. Das dritte Ziel des Programms besteht darin, die öffentliche Forschungs- und Innovationsförderung stärker auf die gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit auszurichten. Gesundheit, Sicherheit, Energie, Klimawandel und Ernährungssicherheit – in all diesen Bereichen hat sich Europa viel vorgenommen und kaum ein Problem kann hier ohne wissenschaftliche und technologische Fortschritte gelöst werden. 39 Prozent des Horizon 2020-Budgets werden deshalb zur Lösung dieser Herausforderungen bereitgestellt. ■

Das Gespräch führte Birgit Niesing.

Bitte nicht stören!

Schwärme kleiner Flug- und Bodenroboter sollen Rettungskräfte bei Katastrophen unterstützen. Das Fraunhofer INT sorgt zusammen mit Partnern dafür, dass sich die Minihelikopter nicht von gefährlicher Strahlung beeinträchtigen lassen.

Text: Bernd Müller



Minihelikopter sollen Rettungskräften Bilder und Messdaten liefern.
© Fraunhofer INT

Wenn es für Menschen zu gefährlich wird, schlägt ihre Stunde: Halbautonome Minihelikopter inspizieren havarierte Kernkraftwerke oder eingestürzte Gebäude nach einem Erdbeben, sie machen Fotos vom Unglücksort und warnen die anrückenden Rettungskräfte, etwa, wenn Radioaktivität austritt – wie beim Unglück in Fukushima. Der Einsatz der Fluggeräte in dem japanischen Kernkraftwerk hat aber auch die Grenzen der Technik gezeigt: Die Aktion war unkoordiniert, ein Minihelikopter musste notlanden. Hier setzt das deutsch-französische Projekt ANCHORS (UAV-As sisted Ad-Hoc Networks for Crisis Management and Hostile Environment Sensing) an: 14 deutsche und französische Partner aus Forschung, Industrie und Praxis entwickeln unter Federführung der TU Dortmund bis 2015 ein Konzept dafür, wie solche Einsätze künftig erfolgreicher ablaufen können.

Dieses Konzept sieht so aus: Ein Träger-Roboter fährt in die Gefahrenzone mit jeweils bis zu drei Minihelikoptern und bodengebundenen Robotern an Bord. Kurz vor der Unglücksstelle schwärmen sie aus. Dabei halten sie untereinander und zum Träger-Roboter Kontakt und liefern Bilder und Messdaten. Hier kommt das

Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT in Euskirchen ins Spiel: Es hat leichte, effiziente Sensoren für Radioaktivität mitentwickelt. Die Flugroboter dienen auch als Netzknoten für die Kommunikation in schwierigen Umgebungen. Geht einem von ihnen der Saft aus, kehrt er selbstständig zum Träger-Roboter zurück und lädt seinen Akku auf. Festgelegte Rollen gibt es dabei nicht. Die Minihelikopter entscheiden weitgehend autonom, wer als Funkrelais dient, wer welche Route fliegt oder wer welche Messdaten nimmt.

Elektronik muss sehr robust sein

Beim Einsatz in einem Kernkraftwerk muss die Elektronik besonders robust gegen Partikel- und Röntgenstrahlung sein. Das INT hat jahrzehntelange Erfahrung mit der Härtung von Elektronik, die an Bord von Satelliten durch Strahlung aus dem Kosmos und von der Sonne bombardiert wird. In einer abgeschirmten Halle des Instituts stehen zwei Neutronengeneratoren zum Test der Strahlenhärte, sowie drei Quellen mit Kobalt-60, einem radioaktiven Stoff, den die Industrie zu

Prüfzwecken einsetzt – denn auch dort könnte nach einem Unfall Strahlung frei werden. Nicht minder schädlich für die Minihubschrauber ist elektromagnetische Strahlung, wie sie etwa von Mobilfunkmasten oder von gezielt eingesetzten Störsendern ausgeht. In der Halle nebenan steht deshalb ein Sender, der die Elektronik mit Funksignalen weit jenseits jeder Norm traktiert. In ein paar Wochen muss hier auch der Minihelikopter, den der Projektpartner Ascending für ANCHORS entwickelt, seine Immunität gegen Funkstrahlung beweisen.

Einzelne Aspekte – etwa die Ad-hoc-Kommunikation der Minihelikopter oder der Schutz der Elektronik – wurden auch schon in anderen Projekten untersucht. »Aber in dieser Kombination ist das einzigartig«, informiert Sebastian Chmel, Projektleiter am INT. Ungewöhnlich für ein so großes Forschungsprojekt – Deutschland und Frankreich geben jeweils 4,5 Millionen Euro – ist der starke Praxisbezug: Partner sind die Feuerwehren aus Dortmund, in koordinierender Funktion, und Frankfurt a. M. sowie das Bundesamt für Strahlenschutz – Organisationen, die später einmal die Katastropheneinsätze koordinieren müssen. ■

Ökobilanz für Flugzeuge

Ansprechpartner: Dipl.-Ing Robert Ilg, robert.ilg@ibp.fraunhofer.de

Die europäische Luftfahrtbranche möchte bis 2020 nicht nur schädliche Emissionen reduzieren – Kohlendioxid um 50 und Stickoxid um 80 Prozent –, sondern auch die Ökobilanz der Flugzeuge verbessern. »Life Cycle Assessment (LCA)« nennen Experten das systematische Erfassen von Umweltlasten durch die eingesetzten Bauteile. Um die Daten erheben zu können, sind leistungsstarke Softwareprogramme notwendig.

Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP haben gemeinsam mit Kollegen des Fraunhofer-Instituts für Graphische Datenverarbeitung IGD und der Universität Stuttgart das Computerprogramm entwickelt, das es ermöglicht, die Umwelteinflüsse von Flugzeugbauteilen

schon in der Designphase, also bei der Planung eines neuen Modells, mit einzubeziehen. Basis des »Eco-Design Software Tools« ENDAMI ist eine Luftfahrt-Datenbank, die LCA-basierte Umweltinformationen verschiedener Referenzbauteile enthält. Ein Kilogramm Aluminiumblech zum Beispiel hat seinen »Rucksack« schon durch Bauxit-Abbau, den Transport aus Übersee, sowie die Weiterverarbeitung in Europa mit circa 140 Megajoule (MJ) gefüllt.

Die Nutzer können auch Szenarien mit verschiedenen Bauteilen variieren und dabei sofort erkennen, wie sich unterschiedliche Materialien, Baupläne oder Prozesse auf die jeweilige Ökobilanz auswirken.



Der Sensorhandschuh färbt sich blau, wenn sich ein Gefahrstoff auf dem Behälter befindet.

© Fraunhofer EMFT

Handschuh warnt vor Gefahren

Ansprechpartnerin: Dr. Sabine Trupp, sabine.trupp@emft.fraunhofer.de

Mitarbeiter in der chemischen Produktion, der Halbleiterindustrie oder in Labors sind häufig schädlichen Stoffen ausgesetzt. Viele der aggressiven Substanzen sind durch die menschlichen Sinne nicht wahrnehmbar. Von empfindlicher Messtechnik bis hin zu Wärmebildkameras gibt es daher eine breite Auswahl an Lösungen, um Arbeitnehmer zu schützen. Forscher der Fraunhofer-Einrichtung für Modulare Festkörper-Technologien EMFT in Regensburg haben einen Handschuh entwickelt, der erkennt, ob sich toxische Stoffe in der Umgebungsluft befinden. Er zeigt solche Substanzen durch Farbänderung an.

Dazu bringen Forscher Sensorfarbstoffe mit den üblichen Färb- und Druckverfahren auf der Kleidung auf, beispielsweise durch das Fixieren im Tauchbad. Die Herausforderung liegt vor allem in der maßgeschneiderten Entwicklung der Sensorfarbstoffe. Das Farbstoffmolekül muss gezielt einen speziellen Analyten erkennen, nur dann erfolgt eine chemische Reaktion. Außerdem darf der Farbstoff nicht ausgewaschen werden. Bei der Farbwahl richten sich die Experten nach den Wünschen des Kunden.

Auch andere Anwendungen sind möglich: In Folien oder Flaschenverschlüsse integrierte Farbindikatoren können zum Beispiel den Qualitätszustand von verpackten Lebensmitteln sichtbar machen.



Fertigungshalle von Airbus in Hamburg: Mit dem »Eco-Design Software Tool« kann nun bereits in der Designphase ökobilanziert werden.
© EADS

Konsequent Energie sparen

Ansprechpartner: Alex Deeg, alex.deeg@fit.fraunhofer.de

Wie viel Strom braucht der Geschirrspüler? Wann benötigt man am meisten Energie? Antworten auf solche Fragen können Smart-Energy-Technologien geben. Wissenschaftler ermittelten dazu den Gesamtstromverbrauch sowie detaillierte Energiedaten von Haushalten. Intelligente Stecker zwischen Steckdose und Gerät registrierten Daten über den Verbrauch bestimmter Räume oder Geräte.

Forscher vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT in Sankt Augustin haben den Umgang mit Smart-Energy-Technologien in Privathaushalten untersucht und dazu sieben typische Haushalte in der Region Siegen mit Mess- und Anzeigetechnik ausgestattet. Mithilfe eines Hausnetzwerks sammelten sie Datensignale über die Stromleitungen und ein ZigBee-Netzwerk ein. Die Bewohner konnten

die graphisch aufbereiteten Verbrauchsdaten über Fernseher, PC, Tablet oder Smartphone abrufen.

Doch bringen solche Informationen etwas? Während am Anfang der Projektphase kaum jemand etwas über seinen Energiebedarf wusste, konnten die Nutzer bereits nach dreimonatiger Projektlaufzeit den Verbrauch ihrer verschiedenen Geräte benennen. Auch Werte wie Ruhestrom – wenn niemand zu Hause ist – oder spezielle Peaks waren bekannt. Das erworbene Energie-Wissen veränderte das Verhalten der Bewohner und teilweise auch ihre Gewohnheiten. Im Mittel führte die erhöhte Energiekompetenz in den Haushalten zu einer Stromersparnis von 7,8 Prozent.

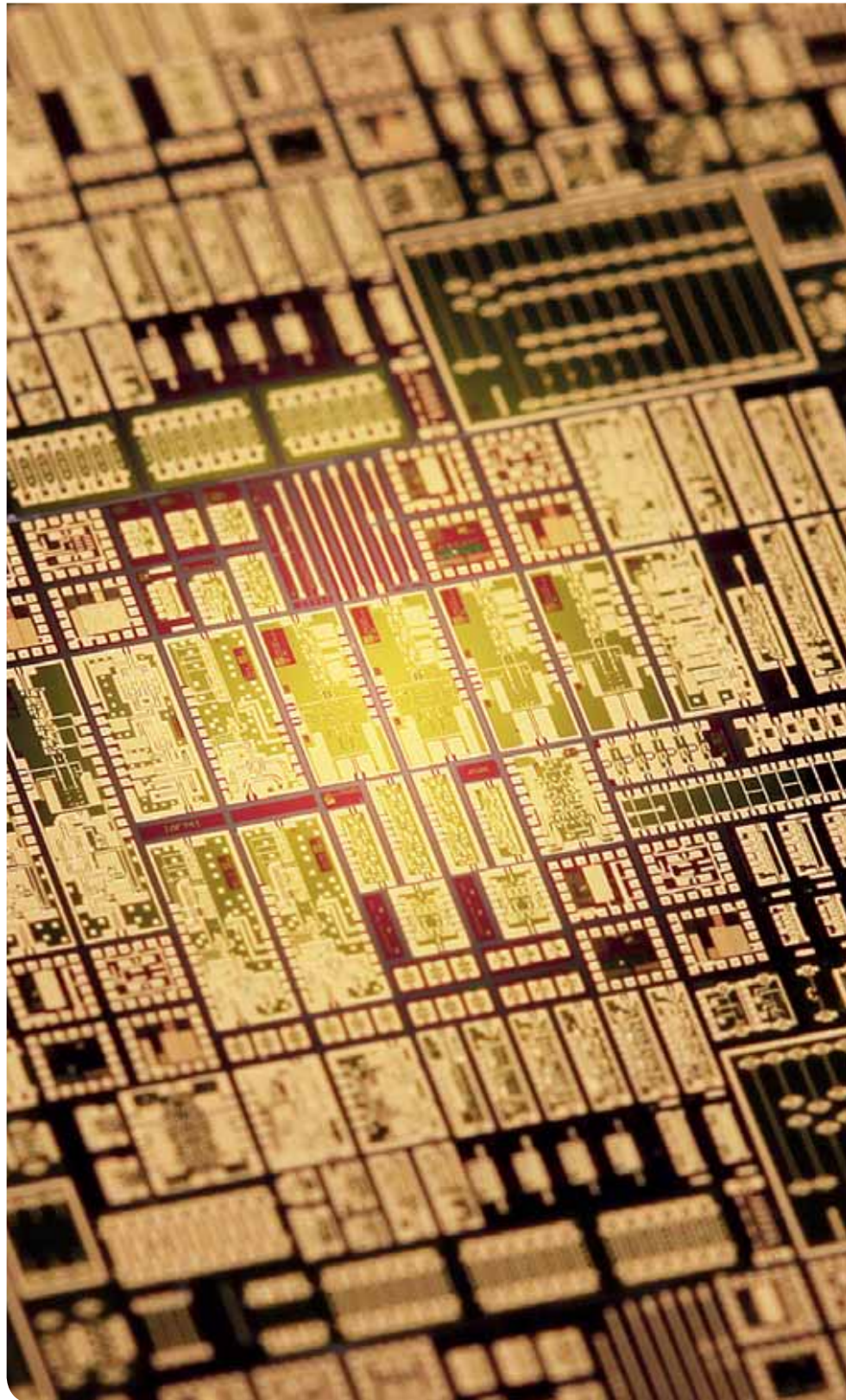
Per Funk schnell ins Netz

Digital, mobil und vernetzt – das veränderte Mediennutzungsverhalten erfordert die immer schnellere Übertragung steigender Datenraten. Forschern ist es nun gelungen, 40 GBit/s bei 240 GHz und über eine Entfernung von einem Kilometer per Funk zu übertragen. Dies entspricht dem Transfer einer kompletten DVD in weniger als einer Sekunde: Weltrekord.

Text: Chris Löwer

Ein Leben ohne Internet? Das ist für viele unvorstellbar. Lahme Verbindung? Für die meisten eine Zumutung! Die Art, wie wir kommunizieren, arbeiten und einkaufen, hat sich grundlegend gewandelt. »Breitbandtechnologien bilden in immer mehr Bereichen direkt oder indirekt eine wesentliche Grundlage für das Funktionieren von Wirtschaft, Verwaltung und Gesellschaft«, bemerkt der Hightech-Branchenverband Bitkom. Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestags formuliert im Lagebericht zu den Folgen der Digitalisierung grundsätzlich: »Ein Breitbandanschluss wird heute vielfach bereits zur digitalen Daseinsvorsorge gerechnet und als Nabelschnur zu den Informationen, sozialen Kontakten, Dienstleistungen und Wissensressourcen unserer Welt bezeichnet.«

Nur leider stockt der Breitbandausbau in der Bundesrepublik – Länder wie Australien, Finnland oder Großbritannien sind ambitionierter. Während hierzulande bis 2014 drei Viertel aller Haushalte mit 50 MBit/s im Netz surfen sollen,



Über das Projekt »Millilink«

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert das Projekt Millilink im Rahmen der Maßnahme »Breitband-Zugangsnetze der nächsten Generation« mit insgesamt zwei Millionen Euro. Neben dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF in Freiburg und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) sind an dem Projekt die Industriepartner Siemens AG, Kathrein KG und Radiometer Physics GmbH beteiligt. Projektziel ist die Einbindung von drahtlosen Links beziehungsweise Funkstrecken in breitbandige optische Kommunikationsnetze, um insbesondere den ländlichen Raum mit schnellem Internetzugang zu versorgen.

peilen andere Nationen durchweg 100 MBit/s an. Für hiesige Bewohner und Firmen auf dem Land werden diese Datenraten noch sehr lange ein unerfüllter Wunsch bleiben. Das Problem: »Der Breitbandausbau wird heute ausschließlich per Glasfaserkabel vorangetrieben, beziehungsweise eben nicht, weil Glasfaser zu teuer ist«, sagt Prof. Ingmar Kallfass, Leiter des Instituts für Robuste Leistungshalbleitersysteme der Universität Stuttgart.

Gemeinsam mit Forschern des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Festkörperphysik IAF in Freiburg arbeitet er an einer Lösung, wie sich hohe Datenraten via Funk übertragen lassen – und das direkt anknüpfend an Glasfaserverbindungen, um etwa die letzte Meile aufs Land zu überbrücken. Dass das funktioniert, haben die Experten schon gezeigt. Mit einem Demonstrator stellten sie sogar einen Weltrekord auf: Über die Strecke von gut einem Kilometer zwischen zwei Hochhäusern hat man 24 GBit/s übertragen. Machbar sind mindestens 40 GBit/s, die im Labor schon erreicht wurden und bald im Feldversuch getestet werden. Dies entspricht dem Transfer einer kompletten DVD in weniger als einer Sekunde.

Der Hochfrequenz-Chip ist nur 4 x 1,5 mm² groß, da elektronische Bauteile mit der Frequenz bzw. Wellenlänge skalieren. © Fraunhofer IAF

Möglich werden die hervorragenden Werte durch vollintegrierte elektronische Sender und Empfänger für eine Frequenz von 240 GHz, welche die Spezialisten in dem Projekt »Millilink« entwickelt haben (siehe Kasten). Doch dafür mussten sie einige Herausforderungen bewältigen. »Bisher waren per Funk keine Datenraten möglich, die so hoch und zudem kompatibel zum optischen Netz sind«, erläutert Kallfass, der das Projekt am IAF im Rahmen einer Shared Professorship koordinierte. Funk im Frequenzbereich unterhalb von 100 GHz wäre zwar technisch einfacher umzusetzen und wird verschiedentlich erprobt, allerdings müsste man extrem komplexe Modulationsformate einsetzen, um in den zugelassenen Frequenzbereichen hohe Datenraten zu erzielen. Ungünstig hierbei: »Entsprechende Modulatoren und Demodulatoren wären sehr energiehungrig und teuer«, erklärt der Experte.

Fraunhofer hingegen setzt auf ein einfaches Modulationsformat, das man ohnehin in optischen Netzen einsetzt. Das System profitiert von der »Bit-Transparenz«, das heißt, dass das per Glasfaser übertragene Signal direkt ohne energiefressende Umkodierung in eine Funkstrecke eingespeist, übertragen und am anderen Ende wieder mit einer Glasfaser weitergeleitet werden kann – das gab es bisher nicht. Mit dieser Lösung kann man die Löcher auf der Breitbandkarte stopfen. Die Funkstrecke lässt sich nahtlos in ein vorhandenes Glasfasernetz einbinden. »Außerdem ist die breitbandige Richtfunkstrecke schnell installierbar und dürfte um ein Vielfaches günstiger als Glasfaserkabel sein«, sagt Fraunhofer-Forscher Daniel Bruch. »Selbst ein Kabelbruch im Glasfasernetz ließe sich per Funk schnell überbrücken, ohne dass man dazu eine Straße aufreißen müsste.«

Schnelle und robuste Übertragung

Kern des technischen Designs sind aktive elektronische Schaltungen. Aktiv deshalb, weil sie bei hohen Frequenzen Signale noch verstärken können, was eine schnelle und robuste Übertragung großer Datenmengen erst möglich macht. Genutzt wird ein Frequenzbereich zwischen 200 und 280 GHz, wodurch es im Gegensatz zu kleineren Wellenlängen zu keinen Einbußen bei der Leistungsfähigkeit kommt. Denn: In dieser Region wirkt die Atmosphäre bei der Luftübertragung nur we-

nig dämpfend. »Außerdem ist unsere Funkstrecke, verglichen mit optischen Systemen, einfacher auszurichten und funktioniert auch bei schlechtem Wetter, wie Nebel oder Regen«, erklärt Bruch. Besonders im Vergleich zu Laserverbindungen ist Funk deutlich robuster. Neben der hohen Datenrate hat die Fraunhofer-Lösung einen weiteren Vorteil: »Durch den hohen Frequenzbereich können die bei Fraunhofer entwickelten und produzierten Sender- und Empfängerchips sehr kompakt gehalten werden, weil die Abmessungen elektronischer Schaltungen und Antennen mit der Frequenz korrelieren«, erklärt Bruch. Die Chips sind jeweils nur 4 x 1,5 mm² groß.

Allerdings stößt die Technologie an ihre Grenzen: Eingeschränkte Sichtbedingungen wirken sich auf die Sende- und Empfangsqualität aus, so dass entweder die Datenrate reduziert oder die Sendeleistung erhöht werden muss, um schlechtes Wetter zu durchdringen. Das heißt auch, dass man weite Strecken damit nicht via Funk überbrücken kann. Kallfass ist realistisch: »Aufgrund der atmosphärischen Dämpfung halte ich mehr als einen Kilometer nicht für sinnvoll.« Grundsätzlich sind natürlich auch etwas Feingefühl und Zeit gefragt, um die Antennen optimal auszurichten. Daher ist die Lösung nicht für den Consumereinsatz gedacht. »Der professionelle Bereich kann aber durchaus kosteneffizient bedient werden«, sagt Kallfass. Für ein Produkt müsste allerdings mit der Bundesnetzagentur noch über freie Frequenzen verhandelt werden, die Radioastronomen für sich reserviert haben.

Die Forscher arbeiten nun daran, die Übertragungsgeschwindigkeit weiter zu steigern: Allein mit Polarisations-Multiplexing, bei dem durch mehrere Kanäle gleichzeitig Daten geschickt werden, kann man die Rate erhöhen. Zudem entwickeln die Experten eine neue Generation noch breitbandigerer Chips. »Damit lässt sich womöglich die 100-GBit/s-Marke knacken«, wagt Kallfass einen Ausblick.

Keine schlechten Aussichten also für Bewohner, Firmen und Behörden auf dem flachen Land: Per Funk könnte ihre »digitale Daseinsvorsorge« endlich gesichert werden, und der Hightech-Standort Deutschland würde nicht länger bescheidene Plätze im weltweiten Breitband-Ranking belegen. ■

Die App fürs Handy ist eine Mischung aus digitaler Schnitzeljagd und Wissensquiz.
© Fraunhofer FIT



Zwergenwelten

Ausstellungen gehören ins Museum. Aber nicht nur. Dank eines ortsbasierten Handyspiels, dringt die Schau »Zwergenwelten« auch in die virtuelle Welt vor: Das Spiel ist eine Mischung aus digitaler Schnitzeljagd und Wissensquiz und lässt sich einfach als App aufs Smartphone laden.

Text: Tim Schröder

Der siebenjährige Mats läuft den Weg entlang. Er hält ein Smartphone vor sich in die Höhe. Konzentriert blickt er auf den Bildschirm, während er rennt. »Die Punkte werden ja immer größer«, ruft er und trabt an einem Spaziergänger vorbei. Stirnrunzelnd blickt der Mann ihm hinterher. Welche Punkte meint das Kind? Da sind doch gar keine zu sehen! Zumindest schweben keine in der Luft. Nur der Junge erkennt sie im Kamerabild seines Smartphones. Kleine gelbe Kugeln, die langsam größer werden, während er auf sie zuläuft. Dann stoppt er. Die Punkte sind aus dem Kamerabild gedriftet. »Sie sind weg!« Vorsichtig bewegt er das Handy, auf und ab, von links nach rechts. Da! In den Büschen hat er die Punkte wieder entdeckt. Sofort läuft er vom Weg herunter, hüpft über einen kleinen

Graben. »Tsching«, spielt das Handy einen Tusch. Einer der virtuellen Punkte ist geplatzt wie eine Seifenblase. Geschafft!

Die gelben Punkte, denen der Junge hinterläuft, heißen Zauberkugeln. Und wie echte Zauberkugeln sind sie nur für den sichtbar, der ins Zaubereich eingetaucht ist. Das »Eintauchen« ist einfach. Man braucht lediglich ein Smartphone und eine App, und schon kann die Jagd losgehen. »Zwergenwelten« heißt diese Spielanwendung. Sie ist Teil der gleichnamigen Ausstellung, die noch bis Ende Oktober im Stadtmuseum Hagen zu sehen ist. Dort können die Besucher Gnome, Trolle und Zwerge aus ganz Europa bestaunen. Die Kinder dürfen sogar durch einen kleinen Bergwerkstollen kriechen, mit Kopfhö-

Ein Klick genügt und schon ist das Spiel gestartet. © Jens Stubbe, Westfalenpost

ren bekannte Zwergenmärchen auf Deutsch sowie in vier anderen Sprache anhören oder eine Ausstellungsrallye machen. Wer Fragen wie »Heißen die fleißigen Helfer Heinzelmännchen oder Mainzelmännchen?« oder »Welche Trikots tragen die beiden Fußballzwerge, die sich in der Ausstellung versteckt haben?« richtig beantworten kann, erhält ein Zwergendiplom.

Die Besonderheit der Ausstellung ist jedoch die »Zwergenwelten«-App, die Kinder im Freien spielen können. Mit dem Auto geht es deshalb nach dem Museumsbesuch an den Stadtrand von Hagen zum Wasserschloss Werdringen, einem ruhigen Ort im Grünen. Es dauert zwei Minuten, bis die App heruntergeladen ist und der GPS-Empfänger das Smartphone geortet hat. Dann erscheint eine Satellitenkarte, die das Wasserschloss und die Umgebung zeigt. Ein blauer Punkt taucht auf, der den Standort des Handys anzeigt, und eine erste kleine rote Mütze, die in Steinwurfweite über dem Weg schwebt. Jetzt beginnt die Schnitzeljagd. Die Aufgabe besteht darin, von einer Mütze zur nächsten zu laufen, diese anzutippen und Fragen zu beantworten.

Doch das ist zunächst schwieriger als erwartet, denn Mats hält das Handy verkehrt herum. Er müsste nach links laufen, geht aber nach rechts. Es ist das erste Mal, dass er eine Landkarte liest. Auf dem Handy entfernt sich der blaue Punkt von der Mütze. Doch dann begreift er, wie das Spiel funktioniert, dreht das Smartphone um und startet die Jagd neu. Langsam geht er in Richtung Mütze. Vorsichtig tippt er die Mütze auf dem Bildschirm an und schon erscheint der Hinweis: »Du musst dichter heran.« Erst als Mats ein paar Meter weiter gelaufen ist und Punkt und Mütze einander berühren, erscheint die erste Frage: »Wer verrät der Königin, dass Schneewittchen schöner ist? Der Hofnarr oder der Spiegel?« Mats muss kurz nachdenken, dann fällt ihm »Spieglein, Spieglein ...« ein. Richtig!

So geht es weiter, rund um das Wasserschloss Werdringen, von Mütze zu Mütze. Ist eine Frage abgehakt, erscheint auf der Satellitenkarte die nächste. Neun Fragen sind zu lösen und drei Spiele zu meistern, bei denen die Kinder auf dem Bildschirm Zaubermuster nachmalen oder Puzzleteile ordnen müssen. Dann kommt die letzte Mütze. Mats tippt drauf. Automatisch schaltete sich die Kamera ein, und die Jagd auf die gelben Punkte beginnt.



Nicht nur in Hagen, auch in Bonn, im Rheinpark und am Grüngürtel in Köln sowie im Kurort Roßbach an der Wied können Kinder inzwischen mit der »Zwergenwelten«-App auf Mützenjagd gehen. Weitere Orte sind in Vorbereitung. Das virtuelle Freiluftspiel ist aus einer Zusammenarbeit der Kölner Ausstellungsmacherin Christa Becker und Forschern vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT in Sankt Augustin entstanden.

»Zwergenwelten« ist bislang in mehrfacher Hinsicht einzigartig. Zwar gibt es jede Menge Spiele-Apps, nur spielen sich diese meist ausschließlich auf dem Smartphone ab. Natürlich erfreut sich auch Geo-Caching großer Beliebtheit, die Schnitzeljagd, bei der man versteckte Briefchen oder Dinge anhand von GPS-Koordinaten finden muss. Die Verknüpfung einer ganzen Spielewelt mitsamt einer Ausstellung und der Realität aber ist neu.

Die »Zwergenwelten«-App kommt so leicht daher, dass man kaum ahnt, welch anspruchsvolle Technik dahintersteckt. In der Anwendung sind bestimmten Koordinaten Fragen zugeordnet, die das Spiel automatisch von einem Datenserver in der Ferne abrufen kann. Das System gleicht die gespeicherten Koordinaten mit der aktuellen Position des Handys ab und aktiviert eine Frage, sobald der Spieler einen bestimmten Punkt er-

»Zwergenwelten« für eco Internet Award nominiert

Die TOTEM-Software und die »Zwergenwelten«-App wurden in diesem Jahr für einen »eco Internet Award« in der Kategorie Mobile nominiert. Mit den Preisen zeichnet der »eco – Verband der deutschen Internetwirtschaft e. V.« seit mehr als zehn Jahren Unternehmen der Internetbranche aus, die den Markt mit innovativen Produkten oder Dienstleistungen bereichern. Honoriert wurde die besondere Alltagstauglichkeit der TOTEM-Autorenwerkzeuge, mit der auch Nicht-Programmierer mobile Apps gestalten können. Das Fraunhofer FIT vertreibt die Software als Lizenz. Darüber hinaus hob die Jury hervor, dass die Verknüpfung einer speziellen Spiele-App mit einer realen Ausstellung ein Novum sei.

reicht und die Mütze antippt. Voraussetzung für diesen Ortsbezug ist, dass man die Koordinaten vorher festgelegt und mit Informationen, mit einem Puzzlespiel oder einer Frage und Antwort verknüpft hat.

Genau diese Art der Verknüpfung ist für gewöhnlich aber ausgesprochen mühsam, da sie für jeden Ort explizit erstellt werden muss. Zwar kann heute jedes Smartphone dank GPS-Empfänger seine Position bestimmen. Die Inhalte entsprechend aufzubereiten, ist aber aufwändig. Üblicherweise schreibt ein App-Programmierer dazugehörige Texte in einem separaten Programm. Auch Bilder, die mit den GPS-Koordinaten verknüpft werden sollen, behandelt man als separate Dateien. Alles zu einer App zusammenfügen, ist zeitraubend, denn zunächst müssen zwischen den verschiedenen Objekten Bezüge hergestellt und die Software so programmiert werden, dass alles zueinander passt. Das ist üblicherweise Handarbeit.

Das muss doch auch anders gehen, dachten sich die FIT-Forscher um Dr. Leif Oppermann. Sie haben deshalb eine App-Software entwickelt, in die Daten, die man an Ort und Stelle aufnimmt, mitsamt den Koordinaten direkt einfließen. Die Software ist in Zusammenarbeit mit französischen Wissenschaftlern im Rahmen des Programme Inter Carnot Fraunhofer (PICF)



entstanden, einer Kooperation zwischen der Fraunhofer-Gesellschaft und den französischen Carnot-Instituten. Mit dabei waren Experten für Standardisierung vom Carnot-Institut Télécom SudParis in Evry. Die Kollegen vom FIT haben zunächst die neuen Arbeitsabläufe für die einfache Spiele-Programmierung entwickelt und dafür Programmierwerkzeuge konzipiert. Damit lassen sich unter anderen die Handy-Daten, die man bei der Konzeption des Spiels im Freiland aufnimmt, also Töne, Bilder oder GPS-Koordinaten, nahtlos mit der Programmier-Software verknüpfen – je nachdem, welche Information man an Ort und Stelle später während des Spielens abrufen will. Aufgabe der französischen Kollegen war es, zu prüfen, wie die FIT-Software in Industriestandards umgesetzt werden kann, um sie künftig kommerziell zu nutzen – beispielsweise in Form der modernen MPEG-Standards 4, 7 und 21. Die Forscher haben ihre deutsch-französische App-Software TOTEM getauft – »Theories and Tools for Distributed Authoring of Mobile Mixed Reality Games«, was soviel bedeutet wie »Software-Werkzeuge für die Entwicklung von mobilen Spielen, in denen Realität und digitale Inhalte miteinander verschmelzen«.

Zu TOTEM gehören zwei Komponenten. Da ist zum einen TOTEM.Scout, mit dem man im Freiland die Daten aufnimmt, und dann zum anderen TOTEM.Designer, mit dessen Hilfe sich im Büro die Daten weiter bearbeiten lassen. Die Datenaufnahme ist denkbar einfach. TOTEM.Scout wird zunächst auf einem Smartphone oder Tablet-PC installiert und dient dann unterwegs als Eingabemaske. Es registriert auf

Knopfdruck automatisch die Ortskoordinaten, mithilfe von GPS-Signalen und in Gebäuden durch den Kontakt zu WLAN-Antennen oder Nahfeld-Sensoren (NFC), die man heute bereits beim bargeldlosen Zahlen mit dem Handy einsetzt. Darüber hinaus bietet die Eingabemaske Textfelder, in die man direkt vor Ort zugehörige Fragen oder Texte schreiben kann. Auch Bilder, die man unterwegs schießt, werden automatisch den richtigen Orten zugeordnet: beispielsweise Fotos von Statuen, die später an dieser Stelle auf dem Handy erscheinen sollen. »Alle Daten werden dann direkt drahtlos zum TOTEM.Designer überspielt, mit dem man anschließend sämtliche Punkte und die zugehörigen Daten zum Spiel zusammensetzt und nachbearbeitet«, informiert Oppermann. Mühsames Hin- und Herkopieren von Bildern, Texten und GPS-Koordinaten sowie das zeitraubende Analysieren und manuelle Verknüpfen der Daten sind somit passé. Das ist auch für erfahrene Programmierer eine Arbeitserleichterung, denn sie können die so strukturierten Daten ganz einfach mit Internet-Standardformaten weiter verarbeiten.



www.zwergenwelten.net

Christa Becker kennt sich inzwischen bestens mit TOTEM aus, obwohl sie keine Programmiererfahrung hat. Auf dem Computer-Monitor in ihrem Büro erscheint ein Browserfenster mit einer Karte des Rheinparks Köln. Kleine Kreise markieren dort die Punkte, an denen auf den Smartphones der Kinder draußen die roten Zipfelmützen und die Fragen auftauchen. Becker scrollt auf der Seite weiter nach unten. Eine Tabelle erscheint.

»Fee a« bis »Fee g« steht darin und »Zwerg a« bis »Zwerg g«. »Hier lege ich die Fragen an, die zu den Punkten gehören«, sagt sie. Die Bedienung sei einfach.

»App-Spiele werden heute meist von einer einzigen Person oder einem kleinen Team programmiert und mit Inhalten gefüllt«, erläutert Oppermann. Um Spiele gestalten zu können, ist bislang also Expertenwissen nötig. »Bei TOTEM hingegen haben wir diese starre Vorgehensweise aufgespalten und die Arbeit auf drei Rollen verteilt: Es gibt Game-Designer, die die Spielidee ausarbeiten, es gibt Programmierer, welche die App bauen, und es gibt Autoren wie Frau Becker, die die gesamten Inhalte selbstständig einpflegen.« Um neue Inhalte in ein TOTEM-Spiel zu integrieren, ist künftig also kein Software-Know-how mehr nötig. Auch Laien können ein Spiel erweitern und gestalten. Das Besondere: Die TOTEM-Software ist so flexibel, dass sich damit noch viele andere Spiele und Anwendungen kreieren lassen.

Für Leif Oppermann geht TOTEM also weit über »Zwergenwelten« hinaus. Digitale Führer zu Bau- und Denkmälern sind denkbar, mit denen sich beispielsweise vor Ort ausführliche Informationen zur Baukunst oder zu Denkmälern in der Nähe abrufen lassen. Eine andere Idee wären digitale Guides, die Filmbegeisterte zu Drehorten von Fernsehserien und Spielfilmen leiten.

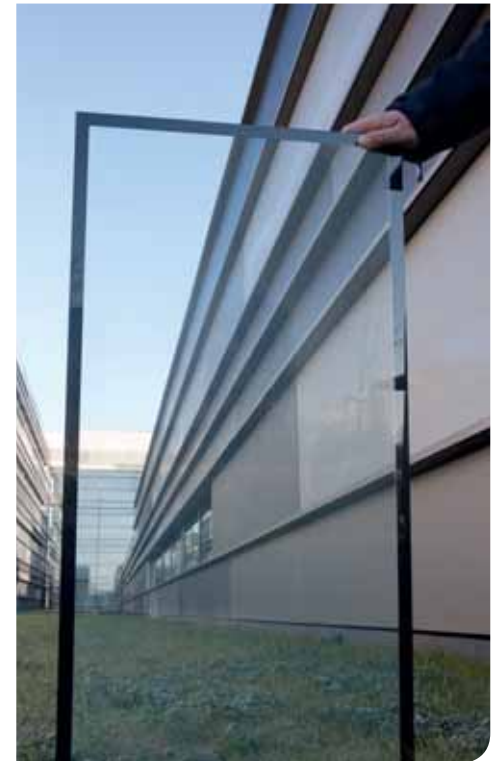
Für Kinder aber sind Spiele wie »Zwergenwelten« am spannendsten. Mats hat die Mützen- und Kugeljagd Spaß gemacht. Noch mehr freut er sich zum Schluss aber über etwas sehr Handfestes: Als Belohnung wird ihm eine kleine Zwergen-Überraschungstüte überreicht. Einige Aufkleber sind darin, und ein kleiner Plastikzwerg. »Guck mal«, sagt er und strahlt. Doch Zwergenwelten richtet sich nicht nur an Siebenjährige, sondern an bis zu 14 Jahre alte Kinder. Damit auch die Teenager erreicht werden, gibt es mehrere Schwierigkeits-Levels. Den Älteren macht es meist besonderen Spaß, über die richtigen Antworten zu diskutieren, so die Erfahrung von Christa Becker. Wer erinnert sich am besten an die Märchen- und Fantasy-Figuren aus Kindergarten- und Vorschulzeiten? »Welchen Wert solche Spiele haben, hat eine Mutter sehr schön auf den Punkt gebracht«, fügt sie hinzu: »Mit Computern und Smartphones spielen sie ja ohnehin. Jetzt machen sie es draußen!« ■

Intelligenter Sonnenschutz

Immer mehr Hochhäuser und Bürogebäude sind lichtdurchflutet und offen konstruiert. Doch im Sommer heizt die Sonneneinstrahlung die Innensräume auf. Die Lösung: SOLARDIM®-ECO – ein thermotropes Verbundsicherheitsglas, das die Wärmestrahlung draußen lässt.

Text: Isolde Rötzer

Bei Hitze wird das Glas trübe und lässt nur wenig Wärme durch. Sinkt die Temperatur, ist das Fenster wieder klar.
© TILSE FORMGLAS



Nicht jeder kann sich im Sommer an einem See den angenehmen Wind um die Nase wehen lassen. Im Büro helfen Klimaanlage, die Temperaturen drinnen angenehm kühl zu halten. »Es wird schon mehr Energie dafür benötigt, im Sommer die Gebäude zu kühlen, als sie im Winter zu heizen«, weiß Dr. Arno Seeboth vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP in Potsdam-Golm. »Bislang kommen in der Architektur weitgehend mechanische Beschattungen und Sonnenblenden zum Einsatz, um die Sonneneinstrahlung zu regulieren«, ergänzt Dr. Winfried Werner von der TILSE FORMGLAS GmbH im brandenburgischen Nennhausen. Der Nachteil: Je größer der Glasanteil an Gebäuden ist, umso aufwändiger und damit auch teurer sind solche Maßnahmen. »Wir hatten uns zusammen mit dem IAP das Ziel gesetzt, eine marktfähige Alternative zu herkömmlichen Beschattungssystemen zu entwickeln«, erzählt Werner. Das Vorhaben wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert. Mit Erfolg: Seit 2011 ist SOLARDIM®-ECO von TILSE FORMGLAS im Handel.

Bei SOLARDIM®-ECO sorgt das Glas selbst dafür, dass die Wärmestrahlung draußen bleibt. Den

Wunsch nach derartigen Lösungen gibt es schon seit den 50er-Jahren. Im Münchner Zoo hatte man dazu erste Experimente durchgeführt, weiß Seeboth. Die wesentliche Frage war bisher jedoch: Wie kann man das realisieren und vor allem die Wirkung haltbar machen? Der Ansatz der Fraunhofer-Forscher im Projekt mit TILSE FORMGLAS war: Ich schütze mich vor Sonnenenergie, indem ich diese selbst ausnutze. Sie ist der Auslöser für die Trübung der Scheibe.

»Beide Partner haben in diesem Projekt ihr Know-how eingebracht: Der Spezialist TILSE bei der Fertigung. Als Experten für alle Arten von Gläsern können die TILSE-Mitarbeiter die unterschiedlichsten Formen realisieren – gebogen oder rund, beispielsweise für Flugzeuge oder Schiffe. Und Fraunhofer punktete bei der Zwischenschicht«, erläutert Seeboth. Es entstand eine Sonnenschutzverglasung, die sich dem tages- und jahreszeitlich schwankenden Sonnenlicht dynamisch anpasst, ohne dabei zusätzlich externe Energie zu verbrauchen.

SOLARDIM®-ECO ist ein Verbundsicherheitsglas – wie jede Autoscheibe. Zwischen die Scheiben wird in der Produktion bei TILSE eine Gießharz-

schicht eingearbeitet. Ihr setzt man Nanopartikel zu, die das IAP speziell dafür entwickelt hat. Sie modifizieren ihre Struktur bei Sonneneinstrahlung, das heißt, sie schmelzen bei 30 bis 40 Grad Celsius. Diese Eintrübung vermindert die solare Transmission. Ein Teil des Lichts wird reflektiert und so das Gebäude vor Überhitzung geschützt.

Thermotrope Schichten

»Es kommen energetische Wärmespeicher zum Einsatz. Der Prozess funktioniert umgekehrt wie bei einer Kerze: Da haben wir weißes Paraffin, das bei Wärme klar wird. Hier haben wir klares transparentes Wachs, das bei Wärme weiß wird«, erläutert Seeboth. »Der Vorgang ist in bestimmten Grenzen einstellbar und außerdem reversibel. Unterschreitet man eine bestimmte Temperaturgrenze, sind die Scheiben wieder klar.«

Das Wissen des IAP im Bereich thermotroper Schichten wird von der Glasarchitektur-Branche derzeit häufig angefragt – vor allem für Oberlichter, Arkaden oder Stadien. »In zehn Jahren werden diese Gläser dort überall zu finden sein«, ist sich Seeboth sicher. Und auch mit TILSE sind weitere Projekte geplant. ■

Fraunhofer visuell





Lärmpegel, Feinstaubbelastung, Verkehrsaufkommen – diese Daten sind für Stadtplaner und für Bürger interessant. Eine dreidimensionale Darstellung soll den Umgang damit künftig vereinfachen: Während der Nutzer sich virtuell durch seine Stadt bewegt, werden die entsprechenden Daten, zum Beispiel Lärm, als rote Punkte angezeigt.

Foto: Thomas Ernsting

Alles aus einem Guss

Faserverbundwerkstoffe im Leichtbau gelten als Schlüsseltechnologie, doch ganz ohne Metalle geht es in vielen Bereichen nicht – zu groß sind oft die einwirkenden Kräfte oder Lasten. Die geklebten oder genieteten Übergänge zwischen den unterschiedlichen Materialien sind dabei häufig die neuralgischen Punkte. Forscher haben im Druckguss neue Lösungsansätze für verschiedene Verbindungsarten entwickelt.

Text: Katja Lüers

Er muss Massen bewegen und dabei so leicht wie möglich sein: Der Airbus A350 ist ein technologisches Meisterwerk. Zu 52 Prozent besteht der Superjumbo aus kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK). Sie gelten als Werkstoffe der Zukunft und stehen im Fokus moderner Leichtbaukonstruktionen. CFK sind besonders widerstandsfähig, korrosionsbeständig und leichter als Stahl oder Aluminium. Doch in den Krafteinleitungsbereichen oder im Fahrwerkssektor, wo die Materialien ein anderes Verformungs- und Versagensverhalten haben müssen als CFK, ist Metall noch immer das Material der Wahl. Die Überleitung der Lasten aus der metallischen in die Faserverbund-Struktur und umgekehrt ist dabei ein neuralgischer Punkt. Und genau der steht im Fokus einer Gruppe von Wissenschaftlern am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen.

»Ob im Flugzeugbau, in der Automobilindustrie, bei Windkraftanlagen, Sportgeräten oder Prothesen – Metall und Faserverbundstoffe werden in der Regel im Übergang geklebt, genietet oder über Bolzen befestigt«, erklärt Jan Clausen, der das Projekt »Gießtechnisch verbunden: Hybride CFK-Aluminium-Fügeverbindung für den Leichtbau« am IFAM leitet. Von hybrider Bauweise ist dann die Rede, wenn unterschiedliche Materialien benutzt werden, um die besten Eigenschaften verschiedener Werkstoffe zu kombinieren. Konventionelle Fügeverfahren wie Kleben, Nieten oder Bolzen bringen allerdings Nachteile mit sich: »Wenn man eine CFK-Struktur beispielsweise anbohrt und mit einem



Rohrstoß als Hybridverbindung zwischen einem Aluminium-Druckgussbauteil und CFK mithilfe von Titandrahtschlaufen als Übergangsstruktur.
© Fraunhofer IFAM

Bolzen versieht, entsteht nicht nur ein Loch, das die CFK-Faserstruktur zerstört, sondern die CFK-Aluminium-Struktur wird auch leitfähig und kann korrodieren«, erklärt Clausen. Insbesondere die Luftfahrt betreibe einen erheblichen und kostenintensiven Aufwand, um die Verbindungsstellen vor Korrosion zu schützen.

Auch in der Automobilindustrie sind die leichten CFK schwer angesagt: Die Werkstoffe verbinden niedrigstes Gewicht mit exzellenten Eigenschaften – sie sind extrem fest und dabei hoch präzise herstellbar. Die Autos werden leichter, das verringert den Verbrauch und die Kohlendioxid-Emission. Manche Fahrzeughersteller setzen bereits komplette CFK-Karosserien in Serienfahrzeugen ein. Der Fahrzeugrahmen wird als separates Bauteil hergestellt und ist aus Aluminium gefertigt. Um die beiden Bauteile aus dem Leichtmetall und CFK miteinander zu verbinden, wird konventionell eine kombinierte Fügeverfahren aus Nieten und Kleben eingesetzt. Einmal zusammengefügt, lassen sich die Strukturen allerdings kaum mehr voneinander trennen. Die Reparatur solcher Bauteile ist damit schwierig bis unmöglich.

Aluminium und CFK über Druckguss verbinden

Die IFAM-Wissenschaftler haben sich darauf spezialisiert, als Verbindungsart für die Materialkombination von Aluminium und CFK den Druckguss zu verwenden. Das Grundprinzip ist dabei ebenso einfach wie überzeugend: Sie schaffen eine Übergangsstruktur zwischen den zu fügenden Materialien,

also zwischen dem Aluminium und dem CFK, sodass diese nicht mehr direkt aneinanderstoßen oder sich überlappen. Die Übergangsstrukturen bestehen entweder aus hitzebeständigen Glasfasern, Kunststoffen oder aus Titan und lassen sich fertigungstechnisch mithilfe des Aluminiumgusses in die Aluminiumbauteile integrieren. Die Gießereitechnologie am IFAM untersucht und verfeinert zurzeit die Integration in den Gießprozess und entwickelt entsprechende Druckgusswerkzeuge. Unterstützt wird sie von der Abteilung Plasmatechnik und Oberflächen. Dort forschen die Wissenschaftler an geeigneten Oberflächenmodifikationen, um die mechanischen und korrosiven Eigenschaften der Verbindungen zu verbessern.

»Unsere Verbindungselemente schaffen eine saubere stirnseitige Verknüpfung zu den Bauteilen. Wir sparen Bauraum und Gewicht, und – was am Wichtigsten ist – wir zerstören die CFK-Fasern nicht«, hebt Clausen die Vorzüge des Druckgusses hervor. Zudem unterbindet das gießtechnisch eingebrachte Verbindungselement die Leitfähigkeit zwischen den Werkstoffen und verringert die Korrosion des Werkstoffverbunds Aluminium-CFK. Ein weiterer Pluspunkt ist, dass sich bestimmte Bauteile sogar austauschen lassen: Für den oben beschriebenen Aluminium-Fahrzeugrahmen, die CFK-Karosserie und damit für die gesamte Automobilindustrie ergeben sich neue Möglichkeiten: »Wir verbinden im Druckguss CFK-Bauteile mit einem metallischen Anschlusselement, das man konventionell mit anderen Metallbauteilen verschraubt. Wird das CFK-Bauteil beschädigt, lassen sich das Schraubelement lösen und das gesamte CFK-Element mit den Metallanschlüsselementen herausnehmen und ersetzen«, erklärt Clausen.

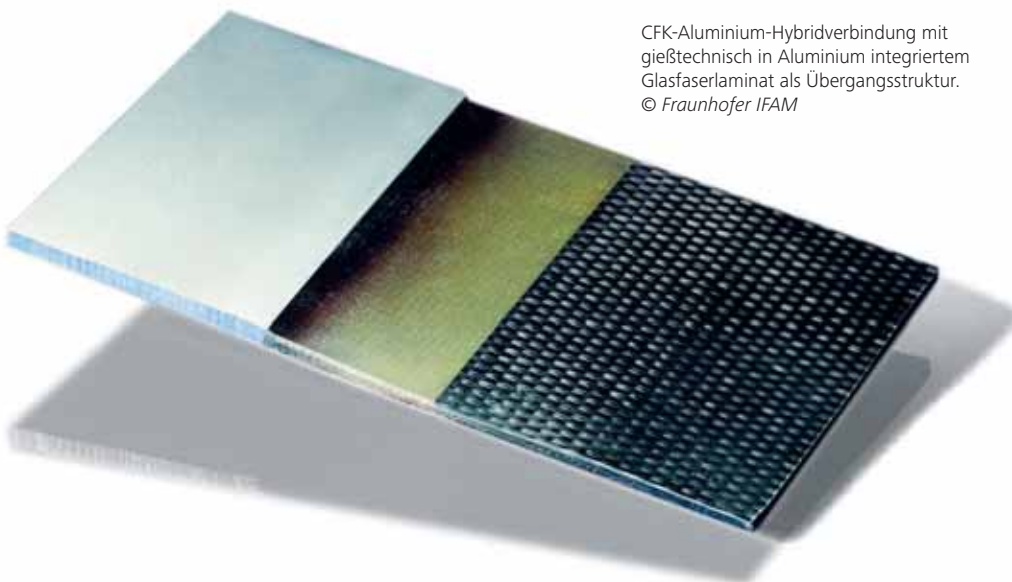
Die Integration von artfremden Objekten in den Druckgussprozess hat am IFAM Tradition: In der Vergangenheit wurden

bereits Schäume im Druckguss mithilfe von Kunststoffen produziert. »Wir integrieren auch Sensoren und Aktoren in den Gießprozess, die mit Kunststoffen umschlossen werden, damit sie beim Gießen nicht beschädigt werden. So ist die Idee entstanden, artfremde Materialien ins Druckgussverfahren aufzunehmen«, erklärt Clausen.

Bedarf in der Autoproduktion

Eine Serienproduktion der Glasfaser-, Kunststoff- oder Titan-Verbindungselemente steht noch nicht an, aber Clausen ist fest davon überzeugt, dass der Bedarf da ist – vor allem in der Automobilindustrie. Aber auch für andere Waren ist das Verfahren interessant: Viele Fahrradrahmen beispielsweise bestehen heute aus den leichten Faserverbundstoffen, doch das Rad ist über Metall mit dem Rahmen verbunden. Beim Roboter ist es der Gelenkarm, der möglichst leicht zu sein hat, damit er weit greifen kann. Die Anbindung des Arms zum Hauptturm des Roboters muss wegen der Krafteinwirkung hingegen aus Metall sein.

»Unser Ziel ist es, für die verschiedenen Märkte integrale Übergangsstrukturen zwischen Aluminium und CFK zu entwickeln, die nicht nur Gewicht, Bauraum und Fertigungsschritte reduzieren, sondern auch die Krafteinleitung optimieren«, resümiert Projektleiter Clausen. Seine Forschungsarbeit ist Bestandteil des Projekts »Bauweisen für CFK-Aluminium-Übergangsstrukturen im Leichtbau«, das die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) fördert. Mit dabei sind die Universität Bremen und die Hochschule Bremen, das Faserinstitut Bremen, die Bremer Institute für angewandte Strahltechnik sowie für Strukturmechanik und Produktionsanlagen und die Stiftung Institut für Werkstofftechnik. 2014 soll das Projekt in die Verlängerung gehen. ■



CFK-Aluminium-Hybridverbindung mit gießtechnisch in Aluminium integriertem Glasfaserlaminat als Übergangsstruktur.
© Fraunhofer IFAM

Leicht, elektrisch und mobil

Die Autos von morgen wiegen wenig, sind elektrisch angetrieben und dennoch sicher. An ihrer Entwicklung arbeiten unter anderem Forscher des Fraunhofer-Instituts für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt.

Text: Birgit Niesing



Fraunhofer-Konzeptfahrzeug FreccO 2.0
auf dem Ganzfahrzeugprüfstand.
© Fraunhofer LBF

Mehr als eine Milliarde Fahrzeuge sind schon heute weltweit unterwegs, Tendenz steigend. Experten erwarten, dass 2050 bereits 2,7 Milliarden Wagen auf den Straßen fahren werden. Vor allem in den Entwicklungs- und Schwellenländern nimmt die Zahl der Neuzulassungen rapide zu. Anders sieht es in industrialisierten Staaten wie Deutschland aus: Hier ist der Automarkt nahezu gesättigt. »Heute kommen bereits mehr als 500 Fahrzeuge auf 1000 Deutsche«, sagt Professor Holger Hanselka, der bis Oktober 2013 das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt geleitet hat. Experten des Beratungsunterneh-

mens Frost & Sullivan erwarten, dass bis zum Jahr 2025 die Anzahl der Fahrzeuge pro 1000 Einwohner in Städten wie Tokio, London oder New York sinken wird. Dieses Phänomen bezeichnet man auch als »Peak Car«.

Die Gründe dafür: In den Ballungsräumen verschärfen sich die mit dem steigenden Verkehrsaufkommen verbundenen Probleme. Lärm und Abgase belasten Bewohner und Umwelt. Um auch in Zukunft mobil bleiben zu können und dennoch Umwelt und Ressourcen zu schonen, sind neue Konzepte gefragt – zum Beispiel Elektrowagen. Denn Stromer sind deutlich

effizienter, leiser und umweltfreundlicher als Benzin- oder Dieselfahrzeuge. »Zudem kann man die endlichen petrochemischen Ressourcen intelligenter nutzen, als sie zu verbrennen – daraus lassen sich Medikamente oder Kunststoffe fertigen«, erläutert Holger Hanselka.

Doch noch sind Elektroautos ein Nischenmarkt – der allerdings schnell wächst. Während 2011 weltweit lediglich 41 000 Stromer verkauft wurden, waren es 2012 bereits 110 000. Im Jahr 2017 soll der Absatz schon 2,2 Millionen Exemplare betragen. Das erwarten die Unternehmensberater von Frost & Sullivan. Auch in Deutschland zieht der Markt für Stromer an. Bereits im kommenden Jahr wollen deutsche Hersteller 16 neue E-Modelle herausbringen – so der Verband der Automobilindustrie (VDA). Aber damit sich E-Mobile als Alternative zu herkömmlichen Wagen durchsetzen können, müssen noch einige Herausforderungen gemeistert werden. So benötigt man zuverlässige und leistungsstarke Batterien (siehe auch Titelseite), welche die Wagen mit elektrischer Energie versorgen.

Sichere Elektrowagen

Aber wie gelingt es, sichere und zuverlässige Elektroautos zu bauen? Dieser Frage widmen sich unter anderem Forscher des LBF. »Das Institut untersucht bereits seit seiner Gründung vor 75 Jahren Sicherheitsbauteile in Autos, Flugzeugen, Bahnen oder Schiffen auf ihre Betriebsfestigkeit hin. Bislang handelt es sich meist um mechanische Bauteile, die nicht ausfallen dürfen. In elektrisch betriebenen Fahrzeugen kommen aber weitere sicherheitsrelevante Komponenten hinzu, etwa die Leistungselektronik oder die Batterie. Das LBF erweitert deshalb das Thema Zuverlässigkeit und Messung der Zuverlässigkeit jetzt um die elektromechanische, elektrochemische und elektrothermische Welt«, betont Hanselka. Darum wird derzeit das Zentrum für Systemzuverlässigkeit mit Schwerpunkt Elektromobilität (ZSZ-e) aufgebaut.

75 Jahre Fraunhofer LBF

Die Ursprünge des Fraunhofer-Instituts für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF gehen auf Jahr 1938 zurück. Damals gründeten zwei Ingenieure in Darmstadt die Bautz-Bergmann Werkstoff- und Konstruktionsberatung GmbH. Dort arbeiteten sie an neuartigen Versuchs- und Berechnungsmethoden, um die Belastungen von Konstruktionen während des Betriebs zu messen und deren Auswirkungen auf die Lebensdauer zu bewerten. 1950 schloss sich die Bautz-Bergmann GmbH mit dem Physikalisch-Technischen Labor von Dr. Gaßner zum Laboratorium für Betriebsfestigkeit (LBF) zusammen. Zwölf Jahre später wurde das Institut in die Fraunhofer-Gesellschaft aufgenommen. 1982 nahm das LBF den ersten Zweiaxialen Radprüfstand (ZWARP) in Betrieb. Die Prüfanlage wurde 1984 für Straßenfahrzeuge und 1987 für Schienenfahrzeuge

patentiert. 2001 übernimmt Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka Leitung des LBF und richtet es neu aus. 2010 eröffnete das Fraunhofer-Transferzentrum Adaptronik. Im gleichen Jahr wird ein Ganzfahrzeugprüfstand in Betrieb genommen: Damit lassen sich die komplette Karosserie und das Fahrwerk eines Fahrzeugs untersuchen – beginnend bei Kleinwagen bis hin zu leichten, elektrisch angetriebenen Transportern und Kleinbussen. Im vergangenen Jahr wurde das Deutsche Kunststoff-Institut (DKI) in das LBF integriert. Neben Betriebsfestigkeit, Systemzuverlässigkeit und Adaptronik gehören nun auch Konstruktions- und Funktionskunststoffe als vierte Kernkompetenz zum Institut. 2012 erwirtschafteten etwa 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am LBF 27,3 Millionen Euro. Davon sind fast 60 Prozent Erträge aus der Wirtschaft.

nik oder die Batterie. Das LBF erweitert deshalb das Thema Zuverlässigkeit und Messung der Zuverlässigkeit jetzt um die elektromechanische, elektrochemische und elektrothermische Welt«, betont Hanselka. Darum wird derzeit das Zentrum für Systemzuverlässigkeit mit Schwerpunkt Elektromobilität (ZSZ-e) aufgebaut.

Insbesondere ein Bauteil – eben die Batterie – darf nicht versagen. Doch wie reagiert der elektrochemische Speicher auf Fahrten über Schlaglöcher und Bordsteine oder extreme Temperaturen? Auf welche Weise gestaltet man ein Batteriesystem, damit es den hohen Belastungen standhält? Wie kann man die Akkus

testen? Um diese Fragestellungen untersuchen zu können, entwickeln Forscher des LBF einen neuen Prüfstand.

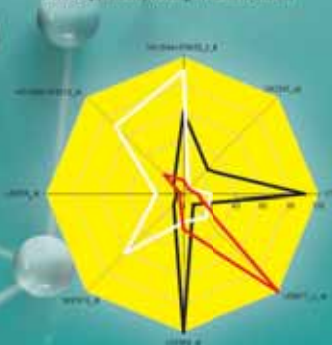
Auch bei Stromern gilt: je höher das Gewicht, desto größer der Energieverbrauch. Sprich: Die Autos müssen abspecken. Doch wie leicht dürfen einzelne Bauteile werden, ohne dass ihre Zuverlässigkeit gefährdet ist? Diese Problematik erforschen LBF-Wissenschaftler unter anderem an Radnabenmotoren. In solche Räder sind neben dem Elektromotor auch Leistungselektronik, Kühlung sowie Aufbau- und Verbindungstechnik integriert. Und das an einer so sicherheitskritischen Stelle, an dem Auto und Straße in

Der einfachste Weg, Daten zu analysieren und präsentieren!



SIGMA PLOT
Exact Graphs and Data Analysis

Gene Expression Profiling - Pediatric Cancer



www.systat.de/FM.html

Neu!
Version 12.5

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

(Bitte FM0913 angeben)

direkten Kontakt kommen. Auf verschiedenen Prüfständen können die Forscher untersuchen, wie die Bauteile qualifiziert werden müssen, damit sie sicher arbeiten.

Eine Möglichkeit, um zuverlässige und dennoch leichte Radnabenmotoren zu bauen, ist der Gebrauch von Faser-Kunststoff-Verbund-Werkstoffen (FKV). Forscher des LBF haben ein solches FKV-Rad mit integriertem Elektromotor entwickelt. »Durch den Einsatz von FKV werden – richtig konstruiert – bei geringem Gewicht höhere Steifigkeiten, bessere Strukturdämpfungen und eine größere Schadenstoleranz im Vergleich zu Metall erzielt«, erläutert Hanselka.

Neue Leichtbaulösungen benötigt man aber auch für den Antriebsstrang. In dem LBF-Netzwerk »Elektrische Leichtbau-Traktionsantriebe (NELTA)« arbeitet das Institut gemeinsam mit der Industrie an innovativen Materialien, um die Leistung der Stromer zu steigern. Wichtige Aspekte dabei sind, insbesondere vor dem Hintergrund des komplexen Belastungsszenarios in Fahrzeugen, die zuverlässige Auslegung und die Lebensdauerprüfung der Bauteile.

Gewicht reduzieren

Das Gewicht künftiger E-Mobile will auch die Europäische Union deutlich senken. Sie fördert die Projekte ALIVE (Advanced High Volume Affordable Lightweighting for Future Electric Vehicles) und ENLIGHT (Enhanced Lightweight Design). Ehrgeiziges Ziel der Forschungsvorhaben: Das Strukturgewicht von Elektrofahrzeugen ohne Antrieb soll um bis zu 50 Prozent reduziert werden.

Doch Elektromobilität wird sich künftig nur durchsetzen, wenn sie die Autofahrer begeistert. Deswegen ist es durchaus wichtig, dass die künftigen Stromer gut riechen und klingen. Allerdings ändert sich der Sound des Autos, wenn man den Verbrennungsmotor durch einen Elektroantrieb ersetzt. Der Leichtbau beeinflusst die Akustik ebenfalls. Dünne Materialien lassen mehr Geräusche durch oder erzeugen sogar selber welche, weil sie in Schwingung geraten. Um das zu vermeiden, setzen Forscher des LBF auf Adaptronik. Sie arbeiten an dem Aufbau selbstanpassender, aktiv reagierender mechanischer Struktursysteme.

Mit ihrem Engagement tragen Fraunhofer-Experten dazu bei, dass wir auch in Zukunft mobil bleiben – und zwar leicht und elektrisch. ■

Hanselka wird neuer KIT-Präsident

Professor Holger Hanselka hat mehr als zwölf Jahre das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF geleitet. Im Oktober übernimmt er eine neue Aufgabe: Er wird Präsident des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Mit dem Fraunhofer-Magazin weiter.vorn sprach er über seine Arbeit am Institut in Darmstadt und den Wechsel zum KIT.

Sie haben das LBF neu ausgerichtet. Wie ist das Institut jetzt aufgestellt?

Als ich vor zwölf Jahren ans LBF gekommen bin, hatte das Institut etwa 70 Mitarbeiter. Hauptkompetenz ist die experimentelle Betriebsfestigkeit gewesen. Das ist etwas, das auch andere Institute zu anderen Preisen anbieten konnten. Wir haben dann einen strukturierten Strategieprozess gestartet und damit begonnen, weitere Kompetenzen aufzubauen. Ein Ziel war es, die Betriebsfestigkeit um die Numerik zu erweitern. Außerdem wollten wir die mechatronischen Systeme auf ihre Betriebsfestigkeit hin untersuchen und weiterentwickeln, sprich: Adaptronik. Als weiteren Arbeitsschwerpunkt haben wir die Systemzuverlässigkeit ergänzt. Durch die Integration des Deutschen Kunststoff-Instituts (DKI) ist es uns gelungen, auch unsere horizontale Wertschöpfungskette zu erweitern. Statt nur Materialien zu kaufen und zu testen, können wir nun auch selber Werkstoffe, insbesondere für den Leichtbau, entwickeln. Das Besondere ist, dass die vier Bereiche Betriebsfestigkeit, Adaptronik, Systemzuverlässigkeit und Kunststoffe miteinander vernetzt sind.

Das LBF erwirtschaftet sehr hohe Erträge aus der Industrie. Was ist das Erfolgsgeheimnis?

Wir sind jeden Tag beim Kunden – und zwar vom Projektleiter bis zum Institutsleiter. Wenn wir neue Ideen haben, stehen wir immer mit unseren Kunden im Dialog und erfahren, welchen Bedarf es gibt. Nur so konnten wir uns auch mit unseren neuen Themen auf dem Markt behaupten. Leichtbau, Elektroantrieb, Akustik und Adaptronik sind wichtige Bereiche für die Automobilindustrie. Hier ist das Institut hervorragend aufgestellt.

Wie geht es künftig weiter?

Wir haben die Entwicklung des Instituts immer strategisch geplant. In diesem Jahr fand bereits



Prof. Dr. Holger Hanselka © Fraunhofer LBF

unser drittes Strategieaudit statt, in dem wir unseren Strategie bis 2018 vorgestellt haben – mit einem ausgezeichneten Ergebnis. Die Vertreter aus Industrie, Wissenschaft und Ministerien bewerten unsere Aufstellung mit Betriebsfestigkeit, Adaptronik, Systemzuverlässigkeit und Kunststoffe sowie die Quervernetzung der Bereiche untereinander als äußerst zukunftsorientiert. Außerdem haben wir die Aufstellung auch organisatorisch hinterlegt. Wir haben vier Bereichsleiter, die zudem universitär angebunden sind. Obwohl es jetzt einen Wechsel gibt, steht das Institut auf sehr stabilen Beinen.

Sie verlassen nach zwölf Jahren Fraunhofer um KIT-Präsident zu werden. Was nehmen Sie aus Ihrer Zeit bei Fraunhofer mit?

Was mich bei Fraunhofer immer sehr begeistert hat, sind die klaren und einfachen Steuerungsmechanismen. Es gibt einige wenige Kriterien – wie etwa die Erträge aus der Wirtschaft – anhand derer wir unseren Erfolg messen und das Institut steuern können. Das verschafft den Institutsleitern große Gestaltungsmöglichkeiten. Wir können neue Ideen aufgreifen, wenn ein Markt dafür existiert. Allerdings muss man sich mit den Ideen auch in der Fraunhofer-Welt – dem internen Wettbewerb – behaupten. Hinzu kommt, dass jeder Institutsleiter an die Universität angebunden ist. So können wir neben der sehr industrienahen Forschung und Entwicklung bei Fraunhofer auch unsere wissenschaftlichen Ideen weiterverfolgen. Hier bietet Fraunhofer ein traumhaftes Arbeitsumfeld.

Die dünnste Heizung der Welt

Künftig lassen sich Kunststoffteile dank einer Dünnschichtheizung mit geringerem Energieaufwand herstellen.

Text: Evdoxia Tsakiridou

Wer schon einmal Waffeln gebacken hat, kennt das Problem: Das Waffeleisen muss die richtige Temperatur haben, damit das Backwerk gelingt. Bei der Produktion von Kunststoffteilen wie Displays, Blenden, Abdeckungen und Armaturentafeln im Spritzgießverfahren ist das nicht anders.

Das stählerne Formwerkzeug, in das man die niedrigviskose Kunststoffschmelze einspritzt, wird wie ein Waffeleisen aufgeheizt. Im Unterschied zu Waffeln kommt es jedoch auf eine perfekte Abformung der Werkzeugoberfläche an. Diese kann wie ein Spiegel poliert oder auch speziell strukturiert sein. Die gewünschte Oberflächenstruktur und -funktion der Kunststoffkomponenten sollen während des Spritzgusses in einem einzigen Schritt ohne aufwändiges Nacharbeiten entstehen. Gleichzeitig muss die Produktion wirtschaftlich und die aufgewendete Prozessenergie möglichst gering sein.

Bislang heizt man im sogenannten Variothermverfahren das gesamte Formwerkzeug auf etwa 110 Grad Celsius auf, das entspricht zum Beispiel der Verarbeitungstemperatur von thermoplastischen Kunststoffen wie Polycarbonat. Damit man das fertige Kunststoffteil schadensfrei aus der Form nehmen kann, muss diese anschließend nochmals um rund 25 Grad Celsius heruntergekühlt werden – und das in jedem Produktionszyklus immer wieder aufs Neue. »Das bedeutet einen großen Energieaufwand«, erläutert Alexander Fromm vom Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg.

Gemeinsam mit seinen Kollegen hat er deshalb ein neuartiges Temperierverfahren entwickelt. Damit lässt sich der Energiebedarf im Vergleich zu bisher verwendeten Verfahren je nach Produkt auf bis zu ein Zehntel senken. Der Trick: Anstatt das gesamte Formwerkzeug aufzuheizen



Mit dem Spritzgießen lassen sich Massenprodukte aus Kunststoff mit hoher Genauigkeit herstellen – effizienter und energiesparsamer durch eine neue Dünnschichtheizung. © Eberhard Franke

– das abhängig vom Kunststoffteil immerhin bis zu einer halben Tonne und mehr wiegen kann –, wird nur noch die oberste Schicht erwärmt, also die, mit der die Kunststoffschmelze in Berührung kommt.

Mikrometer dünne Schicht

Möglich macht das eine Dünnschichtheizung. Dazu besputtern die Fraunhofer-Forscher die Wandoberfläche des Werkzeugs mittels eines vakuumbasierten Beschichtungsverfahrens (so genannte physikalische Gasphasenabscheidung, kurz PVD) nacheinander mit den notwendigen Ausgangsmaterialien. Auf diese Weise entsteht eine aus mehreren Lagen aufgebaute Schicht, die nur wenige Mikrometer (1 µm entspricht einem Tausendstel Millimeter) misst – zum Vergleich: Ein menschliches Haar ist rund 80 µm dick. Diese extrem dünne Schicht kann nicht nur die Oberfläche des Formwerkzeugs auf die gewünschte Temperatur bringen, sondern sie hält auch den thermomechanischen Belastungen beim Spritzgießen stand.

Als elektrische Isolation dient eine keramische Lage, welche die leitfähige Heizschicht vom darunter liegenden Stahlwerkzeug abschirmt. Die eigentliche, resistiv beheizbare Schicht besteht aus einem speziell angepassten, leitfähigen Hartstoff. Die Herausforderung beim Besputtern bestand darin, nicht nur eine perfekte Isolationschicht herzustellen, um Kurzschlüsse zu vermeiden, sondern auch einen Sensor in der Dünnschichtheizung unterzubringen, um die Temperatur am Ort des Geschehens messen und den Produktionsprozess steuern zu können.

Dies gelang den Forschern, indem sie extrem dünne Thermodrähte mit Stärken von wenigen 100 Nanometern (1 nm entspricht einem Millionstel Millimeter) aus Nickel bzw. einer Nickel-Chrom-Legierung integrierten. Diese werden als Schicht hergestellt und in den Schichtstapel eingefügt. Die Thermoelemente reagieren wegen ihrer geringen Dicke sehr schnell auf Temperaturveränderungen und erlauben eine präzise Messung der Werkzeugtemperatur. Im Labor konnten die Wissenschaftler nachweisen, dass die dünnste Heizung der Welt in kürzester Zeit die gewünschte Formwandtemperatur erreicht und sich variabel einstellen lässt. ■

Damit Holz nicht brennt

Der beliebte Baustoff Holz hat einen entscheidenden Nachteil: Er brennt wie Zunder. Eine Spezialbeschichtung sorgt dafür, dass Feuer das Holz nicht angreift.

Text: Marion Horn

Mit Blaulicht rast das Feuerweherschiff zu seinem Einsatzort in Venedig. Rauchschwaden dringen aus einem Hotelfenster. Brandgeruch breitet sich über dem Kanal aus. In Venedig kann Feuer schnell zur Katastrophe führen, denn die jahrhundertealten Holzbauten sind eng aneinandergelagert. Jede Sekunde zählt. Die Feuerwehrmänner kommen zum Glück diesmal rechtzeitig und können Schlimmstes verhindern. Doch was kann man vorbeugend tun, damit die Holzhäuser nicht so schnell in Flammen aufgehen und den Rettungskräften mehr Zeit bleibt, Brände zu löschen?

Es gibt verschiedene Methoden, Holzhäuser zu schützen: besonders dicke Stützen und Balken, Verkleidungen mit nicht brennbaren Gipsplatten und mineralischen Dämmstoffen oder mit Flammenschutzmitteln imprägniertes Bauholz. An einer weiteren Möglichkeit, die auch in Venedig bei der Restaurierung der wunderschönen historischen Paläste helfen würde, arbeitet die Brandschutzexpertin Barbora Deppe, Wissenschaftlerin am Fraunhofer-Institut für Holzforschung WKI in Braunschweig, gemeinsam mit Volker Gettwert vom Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal. Sie entwickeln eine transparente Spezialbeschichtung, die wie ein herkömmlicher Lack aufgetragen wird. Wenn es brennt, verwandelt sich die Beschichtung zu einem isolierenden Schaum, der das darunterliegende Holz mehr als 30 Minuten vor den Flammen schützt.

Doch wie funktioniert eine solche Schicht? In ihrem Labor erläutert uns die Chemikerin das Verfahren: Doppelwandige, temperierbare Gefäße, mehrere Dissolver – das sind Spezialrührgeräte aus der Farben- und Lackindustrie – sowie Gläser mit weißem Pulver stehen bereit. Die Wissenschaftlerin rührt eine Brandschutz-

beschichtung aus einer wässrigen Polymerdispersion als Bindemittel, aufschäumenden Stoffen und weiteren Lackadditiven an. Ihr Ziel ist ein transparentes Beschichtungssystem, damit die Maserung des natürlichen Baustoffs sichtbar bleibt. »Schon die Reihenfolge, in der ich die Additive hinzufüge, ist eine Wissenschaft für sich« erklärt sie. Auch die Geschwindigkeit des Dissolvers sowie die Auswahl der Rührscheibe sind entscheidend für das Ergebnis.

Mehr Sicherheit im Brandfall für Altbauten und Holzhäuser

Mit einem breiten Malerpinsel streicht die Chemikerin vorsichtig jeweils einen Strich des angerührten Brandschutzanstrichs auf eine Sperrholzplatte. »Wenn ich zu dick auftrage, beeinträchtige ich die Transparenz und der Schaum fällt von der Holzdecke ab, weil er zu schwer ist.«

Wenn sie mit dem Resultat zufrieden ist, muss sich die Beschichtung der Feuerprobe stellen. Im Abbrandlabor nebenan liegen rechteckige Sperrholzplatten aus Pappelholz, 4 mm dick und 19 x 19 cm groß, für die Versuchsreihe bereit. Eine Technikerin wiegt die Platten vor der Behandlung um exakte und vergleichbare Werte zu erhalten. Sobald die aufgetragene Brandschutzbeschichtung getrocknet ist, legt sie eine Probe in ein Metallgestell über dem Bunsenbrenner. In der Mitte der Holzplatte befestigt sie einen kleinen Thermosensor, der durch einen feuerfesten Draht mit dem Computer verbunden ist. Dann packt sie noch eine wärmedämmende Platte oben drauf, dichtet alles mit Steinwolle von oben ab und zieht ein Schutzfenster herunter.

Es wird heiß unter dem Probekörper. Langsam erreicht die Hitze der Flamme des Bunsenbren-



Rauchschwaden vom Brand des berühmten Opernhauses »La Fenice« in Venedig, das bei einem verheerenden Brand fast vollständig zerstört worden war. © ddp images/Sipa



»Die Herausforderung dabei ist: Keramische Reaktionen verlaufen bei hohen Temperaturen – bei weit über 1000 Grad Celsius. Uns ist es gelungen, durch den Einsatz von speziellen Additiven diese Temperatur auf etwa 1000 Grad Celsius zu senken und darüber hinaus die Ansprechtemperatur der Brandschutzbeschichtung für die nötigen Reaktionen zu verringern,« erläutert Deppe.

Intumeszierende, also schäumende Beschichtungssysteme bestehen mindestens aus vier Komponenten: Bindemittel, Gasbildner, einer Kohlenstoffquelle und einem sauren Katalysator. Aber was passiert genau, wenn sich die Brandschutzschicht erhitzt? Mit steigender Temperatur wird zunächst Säure freigesetzt. Diese bildet durch katalytische Dehydratisierung Kohlenstoff aus der Kohlenstoffquelle. Danach tragen nichtbrennbare Gase dazu bei, den verkohlten Kohlenstoff aufzuschäumen. Durch den Einsatz von speziellen Additiven und die Ausbildung von glaskeramischen Zwischenstufen, bleibt die Barriere über einen definierten Zeitraum stabil. Die Flamme kommt nicht direkt an das Holz heran, es erhitzt sich nicht zu stark und brennt nicht.

Nun analysiert und fotografiert die Technikerin die Probe. Sind noch Reste der Brandschutzbeschichtung auf dem Holz? Ist das Holz angegriffen? Sie kratzt mit einem Spachtel die Hälfte der voluminösen Kohlenstoffschicht ab und freut sich, denn das Holz ist noch völlig intakt. Große Versuchsanlagen, wie für Fassadenbrandversuche, stellt der Kooperationspartner, das Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMb) der Technischen Universität Braunschweig, zur Verfügung.

Mehr Sicherheit im Brandfall ist nun auch für Holzhäuser, die mehr als drei Stockwerke haben und in Altbauten gegeben. Diese auf die Anwendung angepassten »intelligenten Anstrichsysteme« eignen sich ebenfalls für viele weitere Anwendungen und Materialien, wie für Stahl, der nicht brennt, jedoch weich wird oder hochfesten Beton, der schlagartig reißt, weil bei Hitze Wasserdampf in den Poren entsteht. Barbora Deppe hofft, dass die Gefährdung der Bewohner und der Feuerwehrmänner – nicht nur in Venedig – künftig durch die Brandschutzbeschichtung deutlich verringert wird, da das Holz nicht so schnell in Flammen aufgeht. ■



www.fraunhofer.de/audio

ners die Beschichtung. »Jetzt laufen chemische Reaktionen ab, die temperaturgesteuert sind. Nach wenigen Sekunden geht die Schicht wie ein Kuchen auf und bildet eine dunkelgraue bis schwarze poröse Schutzschicht«, erläutert die Wissenschaftlerin den Versuchsablauf. Nach wenigen Minuten schaltet sie den Brenner wieder ab. Mit diesem Ergebnis ist sie noch nicht ganz zufrieden: »Der Schaum soll idealerweise viele

kleine Poren haben, denn Luft ist ein schlechter Wärmeleiter und schützt somit das darunter liegende Holz.« Sie nimmt die Sperrholzplatte aus dem Versuchsstand: Der Schaum fühlt sich leicht und flockig an, wie die papierene Struktur eines Wespennestes. »Wenn wir eine Kruste mit mehr Festigkeit erreichen möchten, brauchen wir Stoffe, die bei definierter Temperatur keramikähnliche Substanzen bilden«, erläutert Deppe.

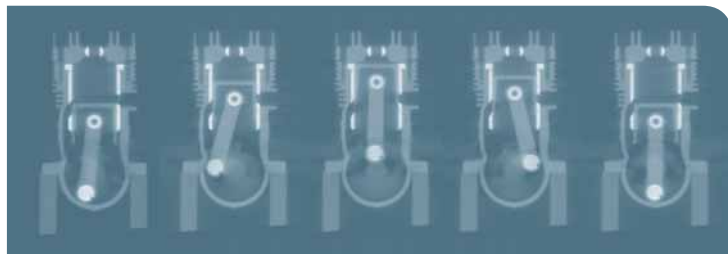
Komplexe Objekte können vollständig, berührungslos und zerstörungsfrei einschließlich aller äußeren und inneren Strukturen erfasst und analysiert werden. © Fraunhofer IIS



Röntgenfilme in 4D

Kameras und Detektoren für Röntgenstrahlen werden immer schneller. Diese Entwicklung erlaubt es nun, mithilfe der Computertomographie auch dynamische Prozesse zeitaufgelöst und in drei Dimensionen zu beobachten.

Text: Brigitte Röthlein



Folge von Schichtbildern
der Rekonstruktion eines
Motorkolbens.
© Fraunhofer IIS

Geschwindigkeit ist keine Hexerei – in diesem Fall stellt sie das Produkt harter Forschungs- und Entwicklungsarbeit dar: Seit Kurzem gelingt es, Computertomographie (CT) so schnell zu machen, dass man damit innerhalb weniger Sekunden ein dreidimensionales Abbild eines Werkstücks oder integrierter Schaltungen aufnehmen und auswerten kann. Damit eignet sich das Verfahren als Prüfmethode auch innerhalb von Produktionslinien, also für den Inline-Betrieb. »Wir haben dafür schrittweise neue Technologien entwickelt«, sagt Markus Eberhorn vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Fürth. »Und es ist unser Ziel, Prüfzeiten von einer Sekunde und weniger zu realisieren.« Industrieunternehmen können dann in ihren Produktionslinien nicht nur vollautomatisch Fehler in den Werkstücken erkennen, sondern auch deren Volumen und ihre exakte Position im Bauteil bestimmen.

Nun stellten sich die Forscher des Entwicklungszentrums Röntgentechnik EZRT am IIS eine faszinierende Aufgabe, die erst durch die schnelle Computertomographie möglich wird: Sie beginnen, die zeitliche Entwicklung von Vorgängen im Inneren von Objekten dreidimensional aufzunehmen. In der Praxis geschieht dies dadurch, dass man in möglichst kurzen zeitlichen Abständen CT-Bilder erzeugt und diese dann zu einem »Film« zusammenmontiert. »So wird aus schneller CT eine zeitaufgelöste CT«, sagt Dr. Theobald Fuchs, der am IIS die Forschungsarbeiten hierfür koordiniert. Um die räumliche Darstellung zu erhalten, kann man entweder bei stationärer Kamera und Röntgenquelle das Objekt drehen, oder die Kamera samt Röntgenquelle schnell um das Objekt herumfahren – wie das heute in der Regel in der Medizin gemacht wird. Solange ein Vorgang sehr langsam abläuft, ist das nicht weiter schwer. Um den Rostfraß an einem Nagel zu zeigen, würde eine Aufnahme am Tag genügen. Aber wenn man schnelle Vorgänge abbilden will, benötigt man modernste Technik.

Markus Eberhorn und sein Team haben das bereits geschafft. Sie nahmen viele Computertomogramme eines laufenden Kolbenmotors auf und rekonstruierten daraus anschließend den Motor in Bewegung. In faszinierenden 3D-Bil-

dern sieht man nun, wie der Kolben im Zylinder auf- und abfährt, wie sich die Ventile öffnen und die Pleuelstange die Kurbelwelle antreibt. »Ein solcher Motor bewegt sich natürlich ungeheuer schnell, viel zu schnell für die CT-Kameras«, erklärt Physiker Fuchs das angewandte Verfahren. »Deshalb macht man sich zunutze, dass es sich um einen periodischen Prozess handelt, und nimmt jede Phase der Bewegung immer wieder auf – als würde man sie mit einem Stroboskop beleuchten. So erhält man in der Gesamtheit viele Bilder, die man schließlich zusammensetzt.«

Doch wie lassen sich Vorgänge aufnehmen, die nicht periodisch ablaufen? Etwa die Ausbreitung von Chemikalien in einer Chromatographiesäule oder die Verteilung von Schadstoffen im Inneren eines Filters. Das hat Dr. Norman Uhlmann vom EZRT in Fürth mit der Projektgruppe NanoCT Systeme des IIS an der Universität Würzburg an einem besonders lebensnahen Beispiel untersucht: dem Zerfall von Milchschaum. Dies ist nicht nur wichtig für den allseits geliebten Milchschaum auf dem Cappuccino, sondern auch für die Industrie, die Schäume aus Milchproteinen in verschiedenen Produkten einsetzt, um deren Geschmack und Cremigkeit zu steigern. Dort ist man natürlich in erster Linie an einem besonders stabilen Schaum interessiert und möchte wissen, unter welchen Bedingungen sie entstehen. Dies sind Fragen, die Anja Eggert in ihrer Promotion behandelt.

Sie und Dr. Simon Zabler aus Würzburg führen ihre Untersuchungen an der Europäischen Synchrotron-Strahlungsquelle ESRF in Grenoble durch. Dort packen sie ein Gefäß mit Milchschaum auf einen Drehtisch, der sich einmal pro Sekunde dreht, setzen es in einem abgeschirmten Raum den Röntgenstrahlen aus und nehmen alle zwei bis drei Minuten einen Schnappschuss auf. Das geht rund eine Viertelstunde lang so, dann ist der Schaum zusammengefallen. »Da die Messzeit am ESRF sehr teuer ist, arbeiten wir dort im Schichtbetrieb drei Tage am Stück«, sagt der Forscher. »Am Ende fahren wir mit acht Terabyte Bilddaten wieder nach Hause und machen uns an die Auswertung.« Dabei entstehen dann Filme, die bis zu 50 Mikrometer winzige Poren im Schaum zeigen. Es lässt sich im Bild verfolgen, wie die Flüssigkeit

unter dem Einfluss der Schwerkraft im Schaum nach unten sickert und die Zellwände immer dünner werden, bevor die Blasen platzen. Sogar einzelne Poren können die Wissenschaftler herausgreifen und wie in einem Daumenkino deren Verhalten vorführen. »Unser Verfahren lässt sich natürlich nicht nur auf Milchschaum anwenden, sondern auch auf andere Materialien, etwa Kunststoffe oder Metalle«, sagt Zabler. »Französische Kollegen sind beispielsweise außerdem daran interessiert, wie der Teig eines Baguettes möglichst gut aufgeht.«

Das Synchrotron in Grenoble erlaubt es aufgrund seiner eng gebündelten Strahlung, kleine Strukturen mit geringen Dichteunterschieden zu erfassen. In Fürth hingegen nutzen die Forscher eine ganze Reihe anderer Röntgenquellen. »Wir verfügen über mehrere medizinische Röntgenröhren, die sehr stark sind, sich aber nicht für den Dauerbetrieb eignen«, informiert Theobald Fuchs. »Daneben gibt es hier aber auch Quellen für den industriellen Bedarf. Sie haben keine so hohe Leistung, können aber rund um die Uhr laufen.« Je nach Anforderung wählen die Forscher die passende Variante. Mit einem 9-MeV-Linearbeschleuniger, der in einer neu erbauten Testhalle in Fürth-Atzenhof steht, ist man sogar in der Lage, derart intensive Röntgenstrahlen zu erzeugen, dass sich damit große Objekte wie Autos oder ganze Container durchleuchten lassen. Bisher beschränken sich die Untersuchungen auf stationäre CT, doch im Prinzip kann man auch dort zeitliche Abläufe betrachten.

Dies ist noch Zukunftsmusik. Allerdings ist ein erster Schritt schon getan: Am 11. Juli dieses Jahres wurde das neue Testzentrum für den IIS-Institutsbereich Fraunhofer-Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT in Fürth-Atzenhof offiziell eröffnet. Hier sind nun die Labors sämtlicher Wissenschaftler, die zu dem Thema arbeiten, an einem Standort konzentriert. »Das gibt allen die Möglichkeit, ihr Know-how und ihre Ideen besser miteinander auszutauschen«, ist Dr. Fuchs überzeugt. Denn es wartet noch viel Arbeit: Die Kameras mit ihren Detektoren müssen schneller und rauschärmer werden, und auch die Softwareentwicklung schreitet weiter voran. Denn trotz aller Computerpower verlangt die CT-Technologie einen hohen rechen-technischen Aufwand, und nur durch spezielle Algorithmen kommt das Tempo zustande, mit dem man auch Filme drehen kann. ■



www.fraunhofer.de/audio
online ab 25. November 2013

Schmutz mit Leuchtkraft

Nur saubere Bauteile lassen sich richtig miteinander verkleben. Mithilfe von Fluoreszenz kommen Freiburger Forscher winzigen Verunreinigungen mit Fetten und Ölen auf die Spur.

Text: Klaus Jacob



Jeder kennt das Problem: Wer zwei Teile zusammenkleben will, muss darauf achten, dass die Klebeflächen sauber und fettfrei sind. Schon ein Fingerabdruck kann die ganze Arbeit zunichtemachen. Auch in den Produktionshallen der Industrie spielen Verunreinigungen mitunter eine fatale Rolle. Hier geht es nicht nur um robuste Verklebungen. Auch vor dem Schweißen oder Lackieren muss das Metall sauber sein – oder wenn beim »Bonden« ein elektrischer Kontakt auf eine Oberfläche gepresst wird. Ein winziger Ölfleck, der mit bloßem Auge gar nicht zu erkennen ist, kann den Stromfluss unterbinden oder den Lack abblättern lassen. Das Bauteil wäre nutzlos.

Auch wenn in den Fabriken kaum noch jemand Hand anlegt, sondern Roboter die Arbeit übernommen haben, können Bauteile verunreinigt sein. Denn bei vielen Verarbeitungsschritten sind Schmierstoffe nötig. So sprüht man beim Fräsen oder Drehen eine ölhaltige Flüssigkeit auf, die zugleich der Kühlung dient. Auch vor dem Stanzen von Blechen bekommen die Werkstücke einen Ölfilm verpasst. Wenn sie anschließend

geschweißt, lackiert oder geklebt werden, muss man diese Zusatzstoffe zunächst entfernen. Das Reinigungsbad, das diese Aufgabe übernimmt, beseitigt aber nicht jeden Dreck zuverlässig. Wenn fehlerhafte Bauteile an der Endkontrolle scheitern, hält sich der Schaden noch in Grenzen. Schlimm ist es aber, wenn die Schwachstellen unentdeckt bleiben. Dann werden die Komponenten eingebaut, zum Beispiel in ein Auto oder in eine Waschmaschine. Manchmal funktionieren sie noch eine Weile, doch schon nach wenigen Wochen oder Monaten versagen sie – und es hagelt Kundenbeschwerden. Die verursachen nicht nur erhebliche Kosten, sondern beschädigen auch das Renommee des Produzenten.

»Fast jedes Unternehmen muss sich mit Verunreinigungen herumschlagen«, sagt Albrecht Brandenburg vom Freiburger Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM – auch wenn niemand gerne darüber spricht. Doch wie lassen sich Fette und Öle zuverlässig entdecken? Die Wissenschaftler vom IPM nutzen dazu Erfahrungen, die sie in einer ganz anderen Sparte gesam-

melt haben: in der Biotechnologie und Diagnostik. Seit 15 Jahren beschäftigen sich Forscher damit, markierte Biomoleküle aufzuspüren, und entwickelten dafür empfindliche Messsysteme. Was ihnen hilft, ist die Fluoreszenz. Bei einer Bestrahlung mit UV-Licht fluoresziert der Farbstoff, der den Partikeln angehängt wird, und leuchtet auf.

Schmutz mit Fluoreszenz sichtbar machen

Das Fluoreszenz-Verfahren kann man auch in den Fabrikhallen einsetzen, um Verunreinigungen aufzuspüren. Wie das geht, zeigt Philipp Holz. Der IPM-Wissenschaftler hantiert an einem Gerät von der Größe eines PC-Gehäuses. Er hat ein daumengroßes Ventil aus der Start-Stopp-Automatik eines Autos in den Objektträger geklemmt. Zwei kleine Leuchtdioden werfen aus unterschiedlichen Richtungen UV-Licht auf das Bauteil. Eine handelsübliche Kamera, der ein Linienpaket vorgeschaltet ist, macht anschließend ein Bild. Sowie die Belichtungszeit der Kamera beendet ist, erscheint auf dem Monitor das

Das bildgebende Fluoreszenz-Messsystem detektiert Verunreinigungen oder Defekte auf Oberflächen direkt in der Produktionslinie. © Fraunhofer IPM

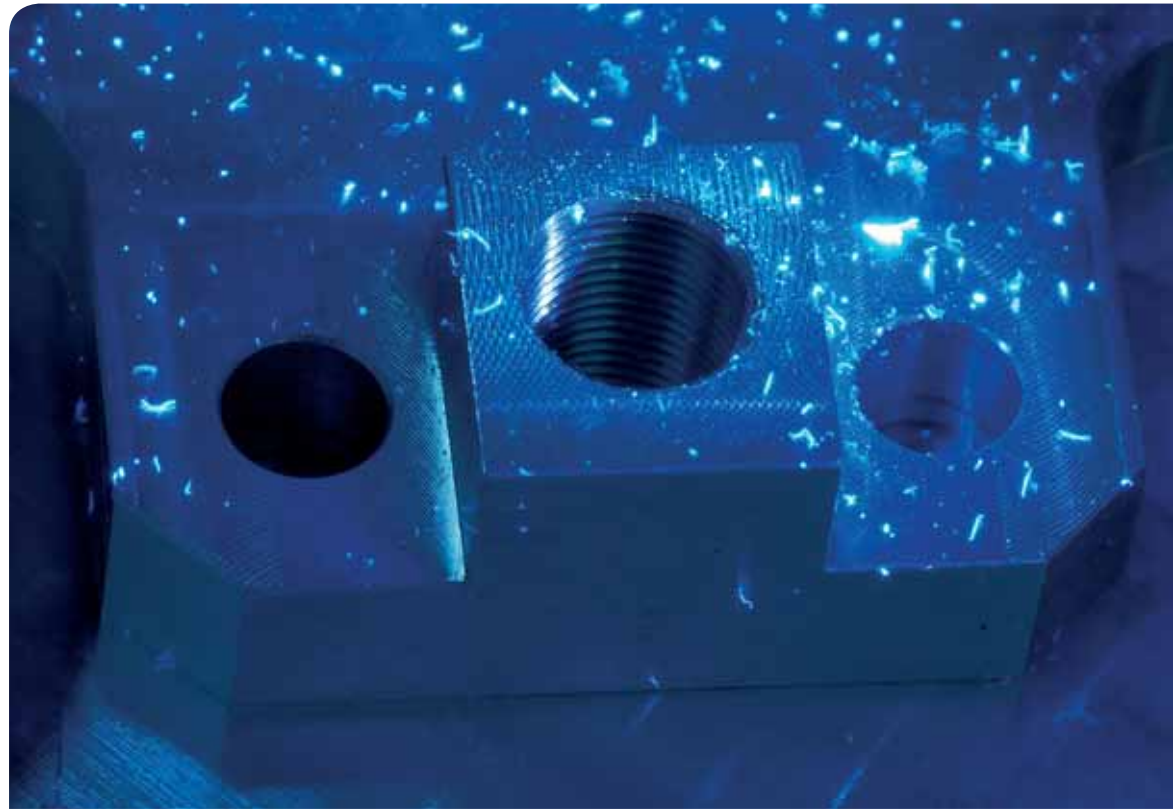


Foto. Hier sieht das Metall ganz anders aus, als mit bloßem Auge: Wie Glühwürmchen leuchten zahlreiche helle Punkte vor dunklem Hintergrund. Das sind die verschmutzten Stellen. Denn Fette oder Öle fluoreszieren, wenn man sie mit UV-Licht anstrahlt.

Würde Philipp Holz bei dieser Arbeit keine Handschuhe tragen, hinterließen seine Finger ebenfalls strahlende Spuren. Was auf dem Bildschirm dann aussieht wie mehrere Milchstraßen, die nebeneinander leuchten, sind die einzelnen Papillarleisten seines Fingerabdrucks. Die Sterne stammen von den Poren, die jeweils winzige fettige Punkte auf dem Metall hinterlassen. »Wir sind inzwischen Spezialisten für Fingerabdrücke geworden«, schmunzelt Brandenburg. Denn wenn er auf Messen sein Gerät vorführt, illustriert er die Funktionsweise meist mithilfe solcher Spuren. Natürlich ist das nur ein Sonderfall. In der Praxis sind die Aufgabenstellungen sehr vielseitig, denn die Art der Verschmutzungen variiert ebenso wie die Größe der zu untersuchenden Teile. Ein Messgerät von der Stange gibt es deshalb nicht. Produzenten brauchen ein

System, das jeweils auf den speziellen Einsatz zugeschnitten ist.

Allen Anwendungen ist eines gemeinsam: Das Messsystem soll in eine Fertigungslinie integriert werden, ohne den Ablauf zu stören. Es muss im Takt der Produktion arbeiten, sogar bei einem Ausstoß von Tausenden Teilen pro Tag. »Geschwindigkeit und berührungsloses Messen sind gefragt«, betont Holz. Das Tempo ist vor allem von der gewählten Blende des Fotoapparats abhängig, meist genügen etwa 50 Millisekunden. Eine zugeschaltete Mustererkennungs-Software untersucht dann im Handumdrehen die Größe der Verunreinigungen. Knapp 30 Millisekunden muss man dafür veranschlagen. Insgesamt dauert die Messung also kaum eine Zehntelsekunde. Übersteigt die Zahl oder Größe der leuchtenden Punkte einen definierten Schwellenwert, dann wird das verdreckte Bauteil automatisch aussortiert. Wer es genau wissen will, kann sogar noch ein Spektrometer einbauen. Die Spektralanalyse zeigt dann, aus welchem Stoff der Schmutz besteht. Doch dieser Aufwand ist meist gar nicht nötig, denn »im Allgemeinen weiß man, was

auf den Teilen ist«, informiert Holz. Schwierig wird es, wenn es nicht um Metall, sondern um Teile aus Kunststoff geht. Denn Kunststoff fluoresziert unter UV-Licht ebenso wie Öl oder Fett. Doch selbst dafür gibt es eine Lösung: Hier helfen Filter, die aus dem Farbenspektrum diejenigen Anteile entfernen, welche vom Plastik stammen. Sogar wässrige Verschmutzungen, die unter UV-Licht gar nicht leuchten, lassen sich aufspüren: Mit Infrarotlicht kann man auch diesen Schmutz aufspüren.

Derzeit beschränkt sich das Freiburger Institut auf die Untersuchung kleiner Objekte. Das Messfeld, das die LEDs beleuchten, ist nicht größer als ein Quadratzentimeter. Doch Brandenburg denkt längst auch an Lösungen für größere Teile. Wenn er anstatt der LEDs einen UV-Laser einsetzt, der die Oberfläche abscannt, kann er sogar großflächige Strukturen untersuchen. Dieser Trick hat einen weiteren Vorteil: Das Gerät muss nicht mehr direkt neben dem Fließband stehen, denn der Laserstrahl überbrückt problemlos Distanzen von mehreren Zentimetern. Bei den Freiburgern hat kein Fleck eine Chance. ■



Arbeiten am Columbus-Modul. Während des Transports zur ISS waren die Außenlasten im Inneren des Moduls verstaut und mussten später an der Außenseite montiert werden. © NASA

Die Sonne im Visier

Satellitenmessungen helfen dabei, die Dynamik auf der Oberfläche der Sonne und deren Einfluss auf unser Klima und unsere Technik auf der Erde besser zu verstehen.

Text: Michaela Neuner

Die Sonne gilt als die Quelle allen Lebens. Sie liefert die Energie für die Photosynthese und damit die Sauerstoffbildung. Die Strahlung der Sonne ist aber auch der Motor des irdischen Wettergeschehens und damit der wichtigste aller Klimafaktoren. Gleichzeitig beeinflussen die Partikel, die von der Sonne kommen, die Flugbahn von Satelliten und die Funksignale, die diese aussenden. Forscher aus aller Welt interessieren sich daher brennend für die Dynamik auf unserem Stern und ihre Auswirkungen.

Eine wichtige Rolle spielt dabei die UV-Strahlung. Wie groß der Anteil ist, der davon auf der Erdoberfläche ankommt, hängt ab von der Ozonschicht in der Stratosphäre und in der angrenzenden Troposphäre. Dort wird ein Großteil der Strahlung absorbiert, dabei entstehen beispielsweise Stickoxide. Zu einem geringen Teil beeinflusst auch der Mensch diesen UV-Schutz – etwa durch Treibhausgase, die Industrie oder Verkehr emittieren. Kurzwelliges Extremes Ultraviolettlicht (EUV) wird vollständig absorbiert und erreicht die Erdoberfläche nicht.

Genau für diesen Teil des Spektrums interessieren sich die Wissenschaftler ganz besonders: Die energiereiche EUV-Strahlung liegt im Spektrum zwischen der »weichen Röntgenstrahlung« und der UV-C-Strahlung. Als Hauptenergiequelle steuert sie die Vorgänge in der Thermosphäre und der Ionosphäre in ungefähr 80 bis 1000 Kilometern Höhe über der Erdoberfläche. Dieser Bereich hat einen sehr großen Einfluss auf die klimatischen Bedingungen der oberen Erdatmosphäre, sowie die Ausbreitung der

Satellitensignale von Navigations- und Telekommunikationssystemen.

Experten vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg messen seit März 2008 mit dem Spektrophotometer SolACES – die Abkürzung steht für Solar Auto-Calibrating EUV/UV Spectrophotometer – die Sonneneinstrahlung im Bereich zwischen 17 und 150 Nanometern. Angedockt an das Columbus-Modul der Internationalen Raumstation ISS, kreist SolACES als Teil des ESA-Messinstrumentepakets SOLAR seit fünf Jahren um die Erde und soll noch bis Ende 2016 die EUV-Strahlung der Sonne beobachten.

Ausgetüftelte Technik schützt vor Alterung

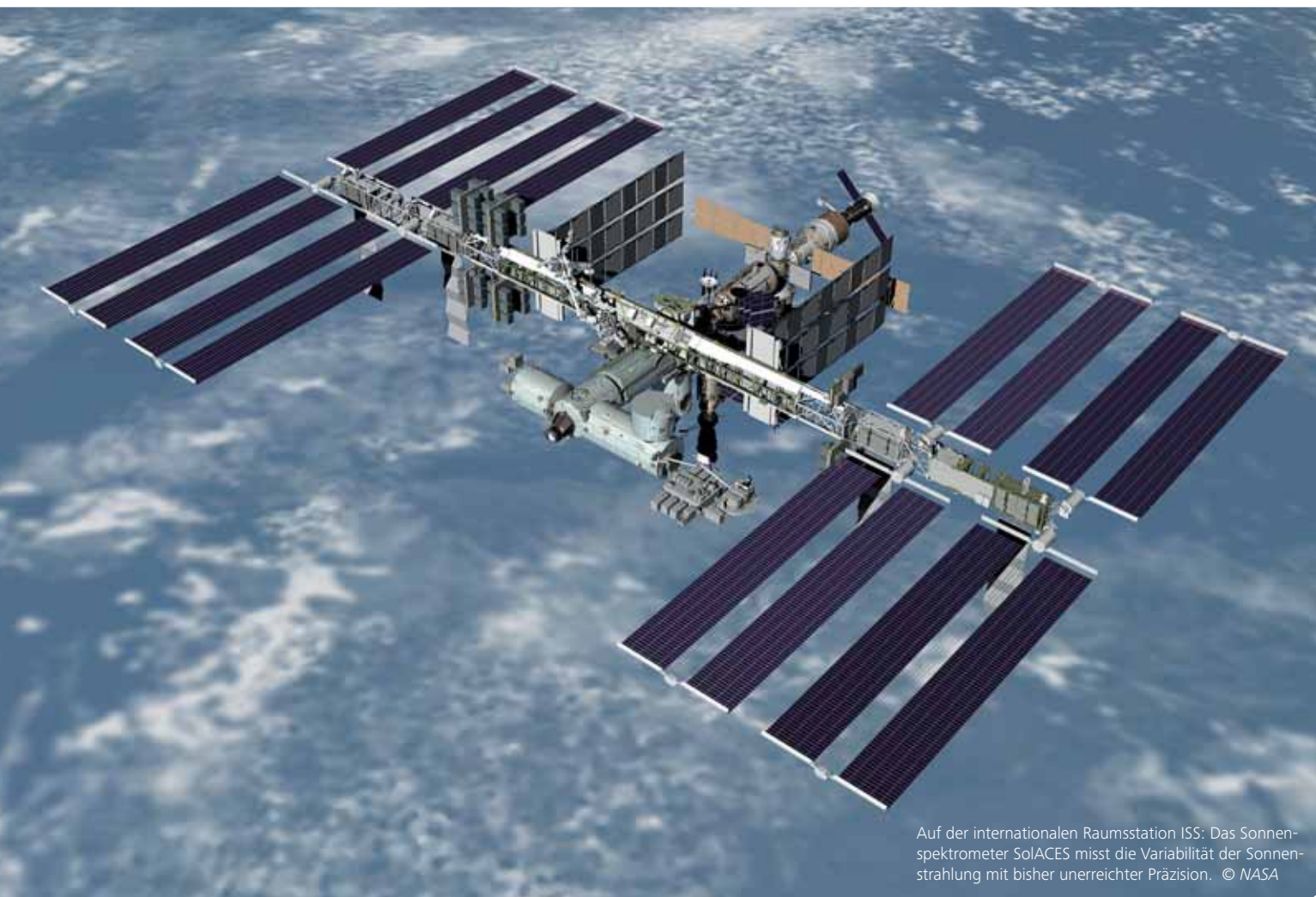
Anders als andere Instrumente, welche die Sonne von einem erdnahen Orbit aus im Blick behalten, kalibriert sich SolACES mithilfe spezieller Ionisationskammern in regelmäßigen Abständen automatisch selbst. Auf diese Weise lassen sich Abnutzungs- und Alterungsprozesse ausgleichen, die sonst auf Dauer die Messergebnisse verfälschen würden. »Diese Kalibrierung funktioniert so gut, dass unsere Messgenauigkeit höher ist, als die aller anderen Messkampagnen im Orbit«, betont Dr. Gerhard Schmidtke, der wissenschaftliche Leiter des Projekts. Die besondere Qualität der Daten ist einer der Gründe, warum die europäische Weltraumorganisation ESA die SolACES-Mission mittlerweile zum dritten Mal verlängert hat. Ursprünglich sollte sie nach 18 Monaten enden.

Die lange Laufzeit erlaubt neue Einblicke in die Dynamik unseres Sterns: Während sich die Leuchtkraft der Sonne über einen im Schnitt elf Jahre dauernden Sonnenzyklus hinweg nur minimal verändert, kann die EUV-Strahlung in einigen Bereichen um mehr als das Zehnfache variieren. »Dadurch lassen sich Veränderungen besser erfassen. Außerdem ist die EUV-Strahlung ein guter Indikator für die Aktivitäten der Sonne insgesamt«, sagt Dr. Raimund Brunner vom IPM, der das SolACES-Spektrometer mit Schmidtke entwickelt hat und gemeinsam mit seinem Kollegen vom IPM, Christian Erhardt, die laufende Mission betreut, sowie die gewonnenen Daten auswertet.

Die EUV-Strahlung korreliert mit den Sonnenaktivitäten und den daraus resultierenden Emissionen der Sonne, wie elektrisch geladene Partikel oder Plasma – auch diese werden bei Sonnen-eruptionen oder koronalen Massenauswürfen in Richtung Erde katapultiert. In der Erdatmosphäre angekommen, beeinflussen sie die Bildung von Wolken oder die Richtung von geomagnetischen Stürmen. Sie erzeugen Polarlichter, greifen in die Flugbahnen von Satelliten und Weltraumschrott ein oder verzögern Funksignale von Navigationssystemen wie GPS und Galileo.

Vorgänge besser modellieren

»Qualitativ verstehen wir zwar, wie der Energieeintrag in unsere obere Atmosphäre aussieht und welche Auswirkungen er hat«, sagt Schmidtke. »Gelingt es aber, die Vorgänge mit genaueren Messdaten zu modellieren, lassen



Auf der internationalen Raumstation ISS: Das Sonnenspektrometer SolACES misst die Variabilität der Sonnenstrahlung mit bisher unerreichter Präzision. © NASA

sich nicht nur Satellitenbahnen besser berechnen und Positionen mit Navigationssignalen genauer bestimmen. Wir bekommen zudem die Chance, noch exaktere Atmosphären- und Klimamodelle zu erarbeiten und zyklische Prozesse von solchen abzugrenzen, die vom Menschen angestoßen wurden.«

Zusammenhänge zwischen der Entwicklung von Sonnenflecken und den klimatischen Verhältnissen auf der Erde diskutieren Wissenschaftler bereits seit mehreren hundert Jahren. Vor gut dreihundert Jahren erreichten die Sonnenbeobachtungen und deren Dokumentation eine so hohe Qualität, dass seitdem beginnend mit dem Jahr 1749 die Sonnenfleckenzyklen durchlaufend nummeriert werden.

Seit Januar 2008 befindet sich die Sonne in ihrem aktuellen, dem 24. Zyklus und steht

unter genauerer Beobachtung denn je. Von Logenplätzen im Weltall aus und unbehindert von der Erdatmosphäre, vermessen neben den SOLAR-Instrumenten auf der ISS auch mehrere Satelliten die Geschehnisse auf der Sonne, unter anderem das Solar Dynamics Observatory SDO der NASA und das Solar and Heliospheric Observatory SOHO von ESA und NASA.

 www.solaces.eu

Während diese Satelliten-Observatorien die Sonne rund um die Uhr von einem festen Punkt aus beobachten, kreist SolACES mit der ISS um die Erde. »Pro 90-Minuten-Orbit der ISS haben wir knapp 20 Minuten Sichtkontakt zur Sonne, allerdings im Schnitt immer nur für zwei Wochen, und dann müssen wir, bedingt durch die Bahn der ISS, eine bis zu zweiwöchige Pause einlegen«, beschreibt Christian Erhardt

den üblichen Messzyklus. Zweimal im Jahr ist diese Pause jedoch so kurz, dass SolACES über eine komplette Sonnenrotation hinweg messen kann, die rund 27 Tage lang dauert. Allerdings ist dafür ein spezielles Manöver der ISS nötig: Um das »sun visibility window bridging« zu ermöglichen, muss sich die gesamte Raumstation leicht drehen. »SOLAR mit SolACES und dem Experiment SOLSPEC ist die erste wissenschaftliche Nutzlast, für die dieses aufwändige Manöver durchgeführt wurde«, berichtet Brunner.

Das früheste Bridging für SolACES fand im Dezember des vergangenen Jahrs statt, das zweite im Juli 2013. Jetzt laufen Verhandlungen mit den Betreibern der Raumstation über ein drittes Manöver im kommenden Winter. »Mit etwas Glück sehen wir dann nach dem solaren Minimum auch das Maximum der Sonnenaktivitäten im aktuellen Sonnenzyklus«, hofft Brunner. ■



Sauberes Wasser

Die meisten Abfälle landen in Europa auf Deponien. Der Nachteil: Oft bildet sich hoch belastetes Sickerwasser, mit dem schwer abbaubare und häufig toxische Schadstoffe in die Umwelt gelangen. Um diese Schadstoffe aus Deponiesickerwasser zu entfernen, braucht man spezielle Reinigungsmethoden.

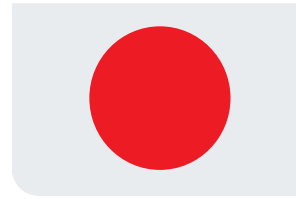
Gemeinsam mit einem internationalen Forscherteam haben Experten vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart ein Verfahren zur Reinigung von belastetem Deponiesickerwasser entwickelt. Das im EU-Projekt CleanLeachate erarbeitete Verfahren basiert auf einem gekoppelten Anoden-Kathoden-Prozess: Eine durch eine Membran geteilte Elektrolysezelle bildet zwei getrennte chemische Reaktionsräume. An der Anode entstehen durch Anlegen einer Spannung Hydroxyl-Radikale, an der Kathode werden Inhaltsstoffe reduziert. Einen Schwerpunkt des Projekts bildete die Auswahl geeigneter Elektrodenmaterialien. Derzeit testen die Spezialisten das Verfahren im Dauerbetrieb auf einer Mülldeponie in Tschechien. Sie konnten den Prozess bereits so optimieren, dass der chemische Sauerstoffbedarf und die Gesamtstickstoffkonzentrationen unter die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte sanken und die Anforderungen der Abwasserverordnung erfüllten. Eine automatisierte und transportable Prototypanlage wird jetzt weiter optimiert.



Tooor!

Ist der Ball drin oder nicht? Zum ersten Mal in der Geschichte des europäischen Fußballs sorgte beim Copa Amsterdam im Mai 2013 ein elektronisches Torliniensystem für Klarheit. GoalRef™, entwickelt vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen, wurde im Olympiastadion in Amsterdam installiert und für alle 18 Spiele genutzt.

GoalRef™ gehört seit der FIFA-Klub-Weltmeisterschaft Ende vergangenen Jahres in Japan zu den bevorzugten Torlinientechnologien der Weltfußballverband FIFA. Die Messtechnik nutzt ein schwaches Magnetfeld, das eine integrierte Antenne an der Latte über der Torlinie erzeugt. Sobald der Ball, in den Spulen integriert sind, dieses Magnetfeld durchquert, wird Strom induziert und ein Signal ausgesandt. Der Schiedsrichter empfängt dieses mit seiner Armbanduhr und kann sofort entscheiden, ob ein Tor gefallen ist oder nicht.



Märkte erkennen

Es gibt vieles, was Deutschland und Japan verbindet: Beide Länder gehören zu den führenden Industrienationen, beide sind exportorientiert, beide sind daher interessiert an neuen Technologien, die die Produktion der Zukunft schneller, besser, energiesparender und kostengünstiger machen. Künftig wollen deutsche und japanische Forscher enger als bisher zusammenarbeiten, um diese Ziele zu erreichen.

Fraunhofer und das National Institute for Advanced Industrial Science and Technology AIST, Japans größte und hochangesehene Forschungsorganisation, haben im vergangenen Jahr ein Memorandum of Understanding unterzeichnet. Mittlerweile kooperieren die beiden Einrichtungen in mehreren Projekten und entwickeln neue Anwendungen für die Medizintechnik, Photovoltaik und Nanotechnologie.

So erarbeiten Forscher vom Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart zusammen mit Kollegen vom Health Research Institute am AIST Kansai Karbon-Nanoröhrchen-Aktuator. Ein Ergebnis war bereits auf der Messe Nanotech 2013 in Japan zu sehen: eine Mikropipette mit Kohlenstoff-Nanoröhrchen-Aktuator, die präzise und effizient winzige Flüssigkeitsmengen ansaugen und wieder abgeben kann. Die neuen Aktuator-Produkte wollen die japanischen und deutschen Experten gemeinsam für die Medizintechnik und die Energieindustrie weiterentwickeln und auf den Markt bringen.



Sanfte Energie

Das indische Ministerium für Neue und Erneuerbare Energien wird künftig eng mit dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg zusammenarbeiten. Ein Memorandum of Understanding wurde im Mai 2013 unterschrieben. Die Koordination übernimmt das Solar Energy Center SEC in Neu-Delhi.

»Mit Indien verbinden uns seit langer Zeit gemeinsame Projekte und der Austausch von Forschern«, sagte Prof. Eicke Weber, Leiter des ISE bei der Vertragsunterzeichnung. So entwickeln die Wissenschaftler im Projekt IndiaOne schon seit zwei Jahren ein solarthermisches Kraftwerk mit einem Megawatt elektrischer Leistung. Es besteht aus riesigen Parabolspiegeln, die das Sonnenlicht fangen und Wärme speichern können. Das fertige Kraftwerk soll 16 Stunden täglich Strom liefern.

Künftig wollen die Experten aus Indien und Deutschland gemeinsam Technologien weiterentwickeln. Beispielsweise die konzentrierte Photovoltaik, mit deren Hilfe sich Wasserstoff produzieren und dann mittels Brennstoffzellen wieder in Strom umwandeln lässt. Derzeit bauen die Forscher in einem Pilotprojekt einen mobilen Teststand für bis zu 30 Brennstoffzellen. Geplant sind weitere Demonstrationsanlagen für solarthermische Meerwasserentsalzung sowie Wasserstofftechnologie für stationäre und mobile Anwendungen.

Sicherer Erfolg

Harmloser Brief oder Bombe? Ein neues Analysegerät findet versteckte Sprengstoffe und Rauschgifte.

Text: Monika Weiner

Ungefährlich und wirkungsvoll

Terahertz-Wellen sind ein Teil des elektromagnetischen Spektrums. Sie durchdringen problemlos alle Verpackungsmaterialien. Die Frequenz liegt zwischen dem Infrarot und dem Mikrowellenbereich. Die im Gerät T-COGNITION erzeugten Terahertz-Wellen sind um ein Vielfaches geringer, als die natürliche Strahlung, die der menschliche Körper von sich aus emittiert.

»Am Anfang wusste keiner von uns, worauf er sich einlässt – doch gerade das hat die Sache spannend gemacht«, erinnert sich Dr. Joachim Jonuscheit. Vor sieben Jahren fuhr der Forscher vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Kaiserslautern zum ersten Mal nach Kassel, um sich mit Thorsten Sprenger zu treffen. Sprenger ist Forschungs- und Entwicklungsleiter bei der Hübner GmbH, einem Unternehmen, das traditionell Fahrzeugkomponenten für Busse, Straßenbahnen sowie Nah- und Fernverkehrszüge herstellt. »Neben diesem Kernbereich wollten wir ein weiteres Standbein für das Unternehmen im Security-Sektor aufbauen«, erinnert sich der Ingenieur. »Wir haben uns den Markt gründlich angesehen und sind schließlich auf die Terahertz-Technik gestoßen, an der das IPM arbeitet.« Wenige Monate später saßen sich Jonuscheit und Sprenger erstmals gegenüber.

Mittlerweile hat Hübner das Terahertz-Spektrometer T-COGNITION auf den Markt gebracht. Das Gerät kann schnell und zuverlässig Sprengstoff und Drogen in Postsendungen identifizieren: Über eine Einfuhrklappe lassen sich Briefe in das Messgerät einführen, diese werden im Inneren Terahertz-Wellen ausgesetzt. Detektoren fangen die reflektierten und transmittierten Wellen auf und vergleichen die Spektren mit denen einer Datenbank. Innerhalb weniger Sekunden leuchten die Messpunkte auf dem Bildschirm des Geräts rot oder grün auf – je nachdem, ob Gefahrenstoffe entdeckt wurden oder nicht. Der Einsatz der Terahertz-Technik hat dabei mehrere Vorteile: Terahertz-Wellen, die in dem elektromagnetischen Spektrum zwischen Infrarot und Mikrowellen liegen, sind ungefährlich, durchdringen Verpa-

ckungsmaterialien und erzeugen, je nachdem auf welche Stoffe sie treffen, charakteristische Spektren, die sich mithilfe intelligenter Software schnell analysieren lassen.

Die Antennen im Inneren des Apparats wurden gemeinsam von Forschern des IPM und des Carnot-Instituts IEMN (Institut d'Electronique, Microelectronique et de Nanotechnologies) in Lille entwickelt, die Software zur Signalaufnahme stammt vom IPM. Beide Komponenten sind Ergebnisse des EU-Projekts ARTEMIS (die Abkürzung für Antenna – aRrays for TeraHertz Material Identification and Security applications), in dem die Forscher das System flexibilisiert und miniaturisiert haben. »Für Detektionsaufgaben benötigt man leistungsstarke, zuverlässige, gleichzeitig aber auch kostengünstige Antennen, die Terahertz-Wellen emittieren und empfangen können«, erklärt Jonuscheit. Die Systeme bestehen aus kleinen Einheiten, welche direkt auf ein Gallium-Arsenid-Substrat aufgebracht werden, sich dann aber zu großen Arrays kombinieren lassen. Die Systemelektronik, für die der erste Prototyp noch eine externe Elektroeinheit benötigte, ist mittlerweile nicht mehr größer als ein Schuhkarton und integraler Bestandteil des Scanners. Die Elektronik wurde signifikant vereinfacht, wodurch auch der Preis für das Gesamtsystem sank. Gleichzeitig ist es gelungen, die Datenauswertung zu beschleunigen.

»Das neue Detektorsystem ist leistungsfähiger, schneller, kleiner und einfacher zu bedienen als bisherige Systeme«, erläutert Sprenger. Bei den Justizvollzugsanstalten, die sicherstellen wollen, dass Briefe an die Insassen keine Drogen enthalten, welche im Briefumschlag versteckt sind, stößt die Technik bereits auf großes Interesse. Auch Botschaften oder Behörden, die befürchten, dass eingehende Post Sprengstoff enthält, können künftig von der Forschungsk Kooperation zwischen Hübner und dem IPM profitieren.

Jonuscheit fährt übrigens immer noch regelmäßig nach Kassel, allerdings weiß er heute, was ihn erwartet: Zusammen mit den Ingenieuren von Hübner entwickelt er die Technik weiter und unterstützt den Kunden bei der Vermarktung. Jonuscheit und Sprenger besuchen gemeinsam Kunden und führen T-COGNITION auf Ausstellungen und Kongressen vor. Die beiden sind sich einig: Was anfangs wie ein großes Abenteuer mit ungewissem Ausgang aussah, ist eine gute Partnerschaft geworden. ■



Das Messergebnis des »T-COGNITION 2.0« wird auf dem Monitor in einem ersten Schritt in roten bzw. grünen Punkten dargestellt (Fund bzw. kein Fund). Per Mouse-Over-Funktion wird bei einem Fund zusätzlich der identifizierte Stoff angezeigt. © Hübner GmbH

Laserschweißen als Innovationsmotor

Was klassische Schweißpistolen leisten, kann der Laser schon lange. Trotzdem trauen sich bisher viele Hersteller nicht, die empfindliche Technik in der rauen Umgebung ihrer Werkshallen einzusetzen. Ein internationales Forscherteam zeigt jetzt, dass Laser robust genug sind für Schweißarbeiten in der Fertigung.

Text: Monika Weiner



Laserschweißen von Rohr-Rohrboden-Verbindungen für Wärmetauscher.
© Fraunhofer IWS

Kann ein Laser inmitten stampfender Maschinen präzise schweißen? Der Prototyp eines neuen Laserschweißgeräts, entwickelt im EU-Projekt Orbital, hat jetzt den Härtesten Standen: Bei den Firmen INTEGASA und ENSA, die in Spanien Wärmetauscher für die Schwerindustrie produzieren, hat er sich unter den harten Bedingungen des Werksalltags als präzise und zuverlässig erwiesen.

»Wenn es um Lasertechnik geht, waren die Hersteller von Wärmetauschern bisher skeptisch«, weiß Patrick Herwig vom Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden. Traditionell setzt man in der Produktion WIG-Schweißpistolen ein, um die gelochten Rohrböden mit Tausenden von Rohren zu verschweißen. Dieses Verfahren, das auf Lichtbogentechnik basiert, ist jedoch sehr zeitaufwändig: Die Pistole muss von Hand in jedes Loch hineingeschoben und nach dem Schweißen wieder herausgezogen werden. Der Fertigungsprozess ist daher langwierig und teuer. Die europäischen Produzenten können sich heute kaum noch gegen die Konkurrenz aus Billiglohnländern behaupten. Eine kostengünstige Alternative haben jetzt Materialforscher, Softwarepezialisten und Produktionstechniker zusammen mit Anwendern aus der Industrie gesucht und gefunden.

Technik für höchste Anforderungen

Statt der herkömmlichen WIG-Schweißpistole erledigt ein Laser den Job: Schnell, präzise und punktgenau werden Grundplatte und Rohr aneinandergeschweißt. Schon nach wenigen Sekunden kann der Roboterarm, der den Bearbei-

tungskopf transportiert, das nächste Loch ansteuern. Dort spreizt er sich so fest ein, dass nicht einmal Erschütterungen des Bodens den Schweißprozess stören. Für die präzise Steuerung des Lichtstrahls sorgen Spiegel, die über eine Software ständig in die richtige Position gebracht werden. Zwei Jahre lang haben Ingenieure und Anwender aus Italien, Spanien, Frankreich und Deutschland getüftelt, um den Prozess zu optimieren. »Der Prototyp zeigt, dass sich die Produktion von Wärmetauschern beschleunigen und flexibilisieren lässt: Er kann sogar Materialien verschmelzen, die bisher als schwer schweißbar galten«, so Patrick Herwig, der im EU-Projekt für Design und Erprobung des Schweißkopfs verantwortlich war.

Gerade die exotischen Material-Kombinationen sind bei der Herstellung von Wärmetauschern gefragt. Diese haben in der Praxis extremen Bedingungen standzuhalten: In der chemischen Industrie, in Schiffsmotoren oder Kraftwerken beispielsweise nutzt man sie, um heißen, aggressiven Lösungen Wärme zu entziehen. Die Rohre müssen daher innen korrosionsbeständig sein. Auf der anderen Seite, im Tank, befindet sich eine chemisch neutrale Flüssigkeit, die Wärme aufnimmt. Hier lassen sich kostengünstige Materialien einsetzen. Wo Tank und Rohre aufeinander stoßen, gilt es, die unterschiedlichen Werkstoffe miteinander zu verbinden: »Klassische Schweißtechnik stößt hier an ihre Grenzen, mit dem Laser lässt sich die Aufgabe jedoch bewältigen«, sagt Herwig. Der Forscher ist zuversichtlich, dass sich die Produktion mit Laserschweißen soweit optimieren lässt, dass europäische Unternehmen international konkurrenzfähig bleiben. ■

Roboter als Parkhausshelfer

Am Düsseldorfer Flughafen können sich Autofahrer künftig die Parkplatzsuche ersparen: Transportroboter übernehmen das für sie. Das Fraunhofer IML hat das System mitentwickelt. Großes Interesse zeigt auch die Autoindustrie.

Text: Boris Hänbler



Viele Parkhäuser in Deutschland sind in einem schlechten Zustand: eng, dunkel und unsicher. Zu diesem Ergebnis kam eine Untersuchung des Allgemeinen Deutschen Automobilclubs (ADAC) Ende 2012. Vor allem der Platzmangel stört die meisten Fahrer. »Die Parkbuchten reichen nicht mehr aus, weil die Autos immer breiter werden«, erklärt ADAC-Testleiter Andreas Pohl. Er kritisiert zudem unzureichende Sicherheitsvorkehrungen: Da fehlen Notfallknöpfe sowie Fußwege und Sonderparkplätze für Eltern mit Kindern. Die Fahrbahnmarkierungen sind oft abgenutzt, und die Beleuchtung der Stellplätze ist unzureichend. In zwei Drittel der Parkhäuser gab es außerdem zu wenige Parkplätze für Behinderte.

Doch wie lassen sich die Schwachstellen beheben? Passen künftig weniger Autos ins Parkhaus, wenn die Stellplätze größer werden? Eine alternative Lösung hat das Unternehmen »serva transport systems« aus Grabenstätt am Chiemsee in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund entwickelt. Das System besteht aus fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF), welche die Autos abholen und automatisch so abstellen, dass der gesamte Parkraum optimal genutzt wird. Auch die Kunden profitieren: »Sie müssen nicht mehr nach freien Parkflächen suchen. Das Auto wird für sie geparkt«, nennt Guido Follert vom IML die Vorteile.

Doch wie funktioniert das System? Die Autofahrer lenken ihren Wagen zunächst in eine Abholstation. Sie besteht aus vier Säulen mit Linearachsen, die mittels Laserscanner die Höhe und Breite des Autos genau ausmessen. »Das System ermittelt die Reifenposition sowie die am wei-

testen vorstehenden Elemente des Fahrzeugs«, erläutert Follert. »Diese Maße werden benötigt, damit die Transportfahrzeuge die Autos nicht beschädigen.« Denn bei einem Geländewagen ist etwa der Rückspiegel viel höher angebracht als bei einem Sportwagen.

Transportroboter parken die Wagen automatisch

Sobald der Fahrer sein Auto in der Station abgestellt hat, holt er sich am Terminal ein Parkticket, und die Transportroboter setzen sich in Bewegung. Sie haben Ähnlichkeiten mit einem Gabelstapler, verfügen allerdings über vier rundum bewegliche Räder, mit denen sie auf engstem Raum manövrieren können. Die FTF fahren ihre Gabelzinken jeweils von der Seite unter die Räder des Autos, so dass je zwei Ausleger eine Radachse anheben. Vorsichtig wird das Auto an den von der Leitsoftware vorgesehenen Platz gebracht. Holt der Fahrer seinen Wagen ab, löst er sein Parkticket ein und bekommt das Auto zur Abholstation geliefert.

Den ersten Praxistest hat das System bereits bestanden. 2012 wurde es in einem Parkhaus der SITA Airport IT GmbH am Flughafen Düsseldorf eingesetzt – zur Begeisterung der Kunden. »Ihnen gefielen vor allem die geräumigen Stationen für das Ein- und Aussteigen«, gibt Geschäftsführer Rupert Koch das Feedback der befragten Autofahrer wider. »Die Abgabestationen sind so groß, dass die Leute alle Autotüren problemlos öffnen können. Außerdem müssen sich die Fahrer ihren Stellplatz nicht mehr merken.« Smartphone-Besitzer können sogar über eine App festlegen, wann sie ihr Auto wieder

abholen möchten. Der Wagen steht dann für sie pünktlich in der Station bereit.

Mängel wie enge Parkräume, fehlende Fußwege, schlechte Beleuchtung sind bei diesem Konzept kein Thema. Das Parksysteem bietet allerdings nicht nur dem Fahrer besseren Service, sondern hat auch für die Betreiber der Parkhäuser handfeste Vorteile: Es bringt deutlich mehr Autos auf der vorhandenen Fläche unter. »Insbesondere in Spitzenzeiten kommt uns die Technologie sehr gelegen«, sagt Christian Jahncke, Geschäftsführer der SITA Airport IT. »Anstatt Parkhäuser für mehrere Millionen Euro auszubauen, könnte man die vorhandenen Plätze besser nutzen.«

Das intelligente Leitsystem teilt die Parkfläche dergestalt auf, dass Autos so platzsparend wie möglich geparkt werden – etwa, indem es Fahrzeuge gleicher Größe gruppiert. Außerdem kann die Anlage die Autos jederzeit umstellen, wenn eine neue Gruppierung mehr Platz bringt. »Bei konventionellen Parkhäusern schaffen wir damit eine um bis zu 60 Prozent bessere Raumnutzung«, erklärt Rupert Koch.

Das System nutzt Lasernavigation

Koch hat serva transport systems vor drei Jahren mit zwei ehemaligen Schulfreunden gegründet. Das Trio hatte die Idee für ein System, das Autos in einem Parkhaus greifen und transportieren sollte. Für die Entwicklung suchten sie einen qualifizierten Partner. »Das Fraunhofer-Institut war ideal, weil die Forscher dort schon mit fahrerlosen Systemen etwa in der Logistik reichlich Erfahrungen haben«, sagt Koch. Außerdem besitzt das IML ein Patent für eine Lasernaviga-



Automatisches Einparken durch einen Parkroboter.
© serva transportation systems GmbH

tion. Koch und seine Kollegen erkannten, dass all dieses Know-how gut zu ihrer Aufgabenstellung passte.

Die Installation des Parksystems ist einfach. »Es lässt sich in so gut wie alle bestehenden Parkhäuser einbauen«, betont der IML-Wissenschaftler Guido Follert. »Im günstigsten Fall braucht man dafür nur drei Tage.« Die Betreiber stellen Abholstationen auf und befestigen an den Säulen oder Wänden im Parkhaus Reflektormarken für die Navigation. Die Transporter verfügen über einen rotierenden Laser. Trifft das Laserlicht auf einen Reflektor, misst ein Sensor die Rückstrahlung. Er erfasst stets die Lichtimpulse von drei Reflektoren. So kann die Software mittels Triangulation

exakt die aktuelle Position des Transporters im Raum bestimmen.

Das neue Parksystem überzeugt. Mit ihrer Idee kam serva transport systems als eines von drei Unternehmen in das Finale für den Deutschen Gründerpreis in der Kategorie StartUp. Die Chancen, dass auf diese Art zu parken in vielen Parkhäusern Realität wird, stehen gut. Die Betreiber des Düsseldorfer Parkhauses wollen das serva-System von Dezember 2013 an dauerhaft als »Premium-Angebot« in Betrieb nehmen.

Interessant ist die Technik auch für die Automobil-Industrie, die in Deutschland fünf Millionen Fahrzeuge jährlich produziert. Diese werden

zunächst im Werk gelagert, anschließend zum Beispiel zur Sammelstation eines Hafens transportiert, dann auf ein Schiff geladen und im Zielhafen sowie in der Zielregion erneut zwischengelagert. »An all diesen Stationen wäre die Technik sinnvoll«, meint Rupert Koch. Auch Abschleppdienste und Falschparker könnten von dem System profitieren: Damit ließen sich die Lager für abgeschleppte Fahrzeuge automatisieren. Sobald die Fahrer ihre Strafzettel bezahlt hätten, würden Roboter die Autos holen. Parken im automatisierten Parkhaus wäre allerdings kostengünstiger. ■



www.fraunhofer.de/audio
online ab 4. November 2013





EINE KLEINIGKEIT...

...für Ihre Anwendungen. LIK 41

NUMERIK JENA

WWW.NUMERIKJENA.DE

NUMERIK JENA entwickelt, produziert und vertreibt weltweit Messsysteme zur Positions- und Winkelerfassung mit höchster Auflösung und Präzision.

Heute ist er vor allem als Förderer und Geschäftspartner Joseph von Fraunhofers bekannt. Dabei war Joseph von Utzschneider ein geniales Multitalent mit einem abenteuerlichen Leben als leidenschaftlicher Staatsdiener und umtriebiger Geschäftsmann. Zum 250. Geburtstag erinnern wir an den talentierten Bauernbub aus Rieden am Staffelsee, der zum Gutsverwalter, Professor, Hofkammererrat, einflussreichen Staatsdiener und unermüdlichen Firmengründer avancierte.

Text: Franz Miller

Joseph von Utzschneider, einer der ersten industriellen Unternehmer Bayerns, entdeckte die vorhandenen Begabungen des jungen Fraunhofer und förderte ihn.
© Bayerische Akademie der Wissenschaften



Schon als er 15 Jahre alt war, lag das Schicksal Bayerns in den Händen von Joseph Utzschneider. Er sollte im Jahr 1778 als Bote der bayerischen Herzogin Maria Anna einen geheimen Brief an den Hof Friedrichs II. von Preußen überbringen, mit der Bitte, Bayern vor Österreich zu retten. Diese gefährliche Mission – er entwischte den Geheimdiensten, ließ die Kutsche zurück und flüchtete zu Fuß weiter – bewältigte er mit solcher Bravour, dass er von Maria Anna auch künftig als Geheimschreiber eingesetzt wurde.

Maria Anna war die Witwe des 1777 verstorbenen bayerischen Kurfürsten Maximilian Joseph. Mit ihm starb die Linie der bayerischen Wittelsbacher aus. Karl Theodor aus dem Hause Pfalz-Neuburg trat seine Nachfolge an. Er verlegte 1778 zwar seine Residenz von Mannheim nach München, brachte aber landfremde pfälzische Räte mit. Er war bereit, Niederbayern und die Oberpfalz gegen Vorderösterreich zu tauschen. Dies führte in Altbayern zu einer Gegenbewegung und letztlich zum Eingreifen Friedrichs II. Nach dem verlorenen bayerischen Erbfolgekrieg versuchte Karl Theodor ganz Bayern gegen die Österreichischen Niederlande zu tauschen, was ihn bei der Bevölkerung endgültig unbeliebt machte. Auch diese Pläne scheiterten am Widerstand Friedrichs des Großen.

Doch wer war Joseph von Utzschneider? Er wurde am 2. März 1763 in Rieden am Staffelsee auf einem Bauernhof als ältester Sohn von neun Kindern geboren. Sein Onkel, der Hofkammererrat

Andreas Andrae, der das besondere Vertrauen der Herzogin Maria Anna genoss, förderte ihn und brachte ihn auf höhere Schulen. Der Bauernbub musste manchen Spott vornehmer Mitschüler ertragen, zumal er bereits in jungen Jahren während einer Treibjagd sein linkes Auge verloren hatte. Bereits mit 16 Jahren begann er ein Studium von Recht und Kameralistik an der Universität Ingolstadt. Mit 19 setzte ihn Herzogin Maria Anna zum Verwalter des Guts Schwaiganger ein, das in ihrem Besitz war. Nach der Promotion erhielt er eine Professorenstelle für Kameralwissenschaft an der Marianischen Akademie. Als einundzwanzigjähriger bekam Joseph von Utzschneider die begehrte Stelle eines Hofkammerrats in der Forstverwaltung. Dort etablierte er eine fortschrittliche Forstverwaltung, trieb die Kultivierung zahlreicher Moorgründe wie des Schwattauer Moores und des Donaumooses voran und ordnete das Salinenwesen neu.

1799 wurde er von dem neuen Kurfürsten Maximilian Joseph auf die Schlüsselposition des Geheimen Referendär ins Finanzministerium versetzt. Als »Trouble Shooter« hatte er schon manche schwierigen Aufgaben gelöst. Utzschneider entlarvte schnell die ganze Misere des ungeordneten Finanzwesens: Den Einnahmen von sechs Millionen Gulden standen Ausgaben von zehn Millionen gegenüber. Die Schuldenlast war so hoch, dass Bayern vor dem Staatsbankrott stand. Utzschneider machte in einem alarmierenden Bericht an den Kurfürsten

weitreichende Vorschläge: »Reduzierung der Ausgaben des Hofes, Tilgung der Staatsschulden mit Hilfe einer Säkularisation und die Einberufung eines Landtags«.

Staatsdienst und Unternehmertum

Offensichtlich war er in seinem Reformeifer aber zu weit gegangen. 1801 versetzte man ihn unter Beibehaltung seines vollen Gehalts in den Ruhestand. Utzschneider, der ehrgeizige Finanz- und Wirtschaftsexperte, hatte sich in den politischen Ränkespielen zwischen Absolutismus und Revolution verfangen. Nach seinem Ausscheiden aus dem Staatsdienst bewies er sich als erfolgreicher Unternehmer. Nur zwei Monate nach seiner Entlassung errichtete er in München eine Ledermanufaktur, die sich in kurzer Zeit vortrefflich entwickelte.

Wenige Jahre später gründete er gemeinsam mit Georg von Reichenbach und Joseph Liebherr das Mathematisch-mechanische Institut in München. Utzschneider übernahm auch hier die Rolle eines Problemlösers, denn für die Herstellung der optischen Instrumente fehlte es – wegen der Kontinentalsperre – an brauchbarem Flint- und Kronglas ebenso wie an einem fähigen Optiker. Er erkannte, dass nichts anderes übrig blieb, als das Glas eigens heranzubilden. Für die Glasmelze konnte er Pierre Louis Guinand aus der Schweiz gewinnen, zu einem Optiker führte ihn ein Unglücksfall. Der 14jährige Glaserlehrling Joseph von Fraunhofer war beim Einsturz des

Joseph von Utzschneider: »Ich will nicht glänzen, sondern nützen.«

Hauses seines Lehrherrn verschüttet worden. Utzschneider nahm an der Rettungsaktion teil, besuchte den jungen Fraunhofer später mehrmals und sorgte dafür, dass sich der befreundete Professor Schiegg um dessen Ausbildung kümmerte.

Fraunhofer entwickelte sich unter Schiegg's Leitung und im Umgang mit den erfahrenen Mechanikern Reichenbach und Liebherr ungemein schnell. Schon 1809 wurde er Teilhaber der optischen Abteilung an dem Institut, das man unter seiner Leitung nach Benediktbeuern verlagert hatte – Utzschneider hatte 1805 das säkularisierte Kloster Benediktbeuern gekauft, dort einen landwirtschaftlichen Musterbetrieb aufgebaut und eine Glasschmelze eingerichtet. Während damit die Erfolgsgeschichte des mechanischen und optischen Instituts begann, steckte Utzschneider schon längst wieder in anderen interessanten Geschäften.

1807 berief König Max Joseph den umtriebigen Unternehmer in den Staatsdienst. Dieses Mal in doppelter Funktion als Geheimreferendär des Finanzministeriums und Generaladministrator der Salinen. Gemeinsam mit Georg Reichenbach verlängerte er die Soleleitung von Reichenhall bis nach Rosenheim, eine technische und ökonomische Meisterleistung. Mit weiteren Maßnahmen gelang es ihm rasch, die Salzproduktion wieder rentabel zu machen und die Einnahmen für Bayern zu steigern. Das Verdienst um die Rettung der bayerischen Salinen übertraf

Utzschneider noch durch die Gründung und Organisation der königlichen Steuerkatasterkommission. Schon früher hatte Utzschneider Vorschläge gemacht, die Grundsteuer durch Parzellenvermessung auf eine neue Basis zu stellen. Nun konnte er die Voraussetzungen für eine systematische Besteuerung auch für die bisher steuerfreien Güter von Adel und Geistlichkeit schaffen. Grundlage dafür war eine detailgenaue Vermessung aller Grundstücke des Landes. Mithilfe neuester wissenschaftlicher Methoden und Instrumente, die er in seinem optischen Institut herstellen ließ, konnte er erstmals ein exaktes Kataster von Bayern erstellen. Die heute noch exzellenten Kartenzeichnungen übertrug man mit dem neuen Druckverfahren der Lithographie auf Solnhofener Kalkplatten. 1811 wurde Utzschneider Vorstand der Staatsschuldentilgungsanstalt/Steuerkatasterkommission. Als er sich aber mit seinen Plänen zur konsequenten Schuldentilgung bei Finanzminister Graf von Montgelas nicht durchsetzen konnte, verließ er im September 1814 auf eigenen Wunsch den Staatsdienst und verzichtete demonstrativ auf jegliche Bezüge.

Nun konnte sich Utzschneider um seine Lederfabrik, das optische Institut und die Realitäten des aufgelösten Klosters Benediktbeuern kümmern. Doch diese umfangreichen Aufgaben füllten den ruhigen Unternehmer immer noch nicht aus. Er gründete eine »Tuchmanufaktur«, das »Utzschneider Brauhaus«, später eine Essigfabrik und eine Runkelrübenfabrik zur Herstellung

von Zucker in Giesing sowie eine Reihe weiterer Unternehmen – die Geschäftsideen gingen ihm nie aus. 1815 rief er den polytechnischen Verein ins Leben, 1827 wurde er Vorsitzender des Polytechnischen Zentralinstituts, der späteren Technischen Hochschule. Zeit seines Lebens experimentierte er auch mit neuen Anbaumethoden in der Landwirtschaft – ein Erbe seiner bäuerlichen Wurzeln. Politisch blieb er ebenfalls weiter aktiv: 1819 wählte man ihn zum Zweiten Münchner Bürgermeister und Abgeordneten der Ständeversammlung.

Als er am 29. Januar 1840 mit dem Pfarrer Silberhorn von Obergiesing zu einer Sitzung fahren wollte, scheuten die Pferde am Giesinger Berg. Das Fuhrwerk überschlug sich und schleuderte an eine Hausecke. Dabei wurde Utzschneider so stark verletzt, dass er zwei Tage später verstarb. So endete ein rastloses Leben in einem abrupten Aufprall. Der Bayrische Eilbote würdigte ihn am 5. Februar 1840 als »der treffliche Patriot, der unerschütterliche Verteidiger vernünftiger Menschenrechte und politischen Fortschritte auf den Grundlagen einer gemäßigten Monarchie und einer toleranten Kirche«. Heute erinnert an Utzschneider, der den Übergang vom alten zum neuen Bayern so tatkräftig mitgestaltete, eine kleine Straße, nahe dem Viktualienmarkt. Der streitbare Reformator und umtriebige Pionier der Frühindustrialisierung hat unendlich viele Anstöße gegeben, die sich später als außerordentlich nützlich erwiesen – getreu seinem Lebensmotto: »Ich will nicht glänzen, sondern nützen.« ■

Krankenhaus der Zukunft



Vier Fraunhofer-Institute entwickeln und testen gemeinsam mit über 60 Partnerunternehmen ihre Vision vom Krankenhaus der Zukunft.
© Markus Steur/Fraunhofer

Trotz steigendem Kostendruck und geringer Personaldecke erhalten Patienten heutzutage im Krankenhaus immer komplexere und anspruchsvollere Behandlungen. Das erfordert nicht nur ausgefeilte medizinische Technologien, sondern auch flexible Versorgungswege und optimal abgestimmte Arbeitsabläufe. Mit der Eröffnung des »Hospital Engineering Labors« im Fraunhofer-inHaus-Zentrum in Duisburg gibt es jetzt eine Forschungs- und Kooperationsplattform, in der erprobt wird, wie sich Kliniken aufstellen und organisieren müssen – für eine effiziente und wettbewerbsfähige Zukunft.

Das »Hospital Engineering Labor« bietet Anwendern, Herstellern und Wissenschaftlern auf etwa 350 Quadratmetern eine moderne Entwicklungs- und Testumgebung mit Operationssaal, Patienten-, Schwestern- und Arztzimmer, Rehabereich mit Trainingsgeräten sowie Lager- und Funktionsräumen. Im Modell-Krankenhaus lassen sich vielfältige Kliniksznarien unter Alltagsbedingungen analysieren: von der Material- über die Energieversorgung bis hin zur informationstechnischen Vernetzung beispielsweise mit angeschlossenen Rehaeinrichtungen oder niedergelassenen Ärzten. Sogar neue

Abläufe oder Verfahren können mit Blick auf Patientensicherheit und Kostenaufwand bewertet werden.

Mehrere Schwerpunktthemen haben sich bereits herausgebildet, zum Beispiel sensorgestützte Assistenzsysteme. Sie bieten mehr Komfort und Sicherheit für Patienten, indem sie es ermöglichen, die Umgebung an spezielle Patientenbedürfnisse auszurichten – beispielsweise eine automatische Höhenanpassung der Badausstattung an Patienten, die nicht stehen können. Ein weiteres Thema sind mobile Funkchips auf Basis von Radio Frequency Identification, kurz RFID. Darüber lassen sich zum Beispiel zahlreiche Vorgänge im OP überwachen und automatisiert dokumentieren. Außerdem wird untersucht, wie sich die Logistik und die Energieversorgung optimieren lassen.

Fraunhofer auf Messen

Oktober

08. – 10. Oktober

Biotechnica, Hannover

Messe für Biotechnologie, Life Sciences und Labortechnik

16. – 23. Oktober

K, Düsseldorf

Messe für Kunststoff und Kautschuk

22. – 24. Oktober

Parts2clean, Stuttgart

Messe für Reinigung in Produktion und Instandhaltung

November

12. – 15. November

Productronica, München

Messe für innovative Elektronikfertigung

20. – 23. November

Medica, Düsseldorf

Internationale Fachmesse für Medizintechnik

Dezember

03. – 06. Dezember

Euromold, Frankfurt

Messe für Werkzeug- und Formenbau, Design und Produktentwicklung

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

Andreas Roßkopf, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen, hat auf der Konferenz ACUM 2013 in Mannheim den Best Paper Award in der Kategorie Elektromagnetik erhalten. Der Forscher erhielt die Auszeichnung für seinen Vortrag über eine neuartige Simulationmethode zur orts aufgelösten Berechnung der elektrischen Verluste in Leitern, Spulen und Transformatoren.

Für seine Präsentation zur Effizienzsteigerung von Siliziumsolarzellen durch Hochkonversion wurde **Stefan Fischer** mit dem »Best Student Presentation Award« der IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), in der Kategorie »Area 1 – Fundamentals and New Concepts« geehrt. Bei Siliziumsolarzellen modifiziert der Hochkonverter den infraroten Anteil des Sonnenspektrums so, dass die Solarzelle auch diesen Anteil des Sonnenlichts nutzen kann. Fischer ist Doktorand am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg.

Die Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften und der Künste zeichnete **Prof. Dr.-Ing. Nils Pohl** mit dem Karl-Arnold-Preis aus. Der Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR in Wachtberg erhielt die mit 10 000 Euro dotierte Auszeichnung für seine Arbeiten im Bereich der Hochfrequenztechnik.

Dr. Martin März, stellvertretender Leiter des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen wurde zum Honorarprofessor der Universität Erlangen-Nürnberg ernannt. Sein Arbeitsschwerpunkt ist die praxisnahe Hochschullehre zur Leistungselektronik.

Die Association of Laser Users AILU hat **Dr. Dirk Petring** für seine außergewöhnlichen Verdienste im Bereich der industriellen Lasermaterialbearbeitung mit dem AILU International Award 2013 geehrt. Der Leiter der Gruppe Makrofügen und Schneiden am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen unterstützt seit 2001 die AILU (Association of Laser Users) als aktives Mitglied. Petring wird mit dem Preis als international führende Persönlichkeit auf dem Gebiet des Laserstrahlschneidens und -schweißens ausgezeichnet.

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:
Franz Miller, Birgit Niesing (Chefredaktion)
Marion Horn, Franziska Kopold, Monika Weiner,
Christa Schraivogel (Bild und Produktion)

Redaktionelle Mitarbeit:
Andreas Beuthner, Frank Grotelüschen,
Boris Hänßler, Klaus Jacob, Chris Löwer,
Katja Lüers, Bernd Müller, Michaela Neuner,
Monika Offenberger, Brigitte Röthlein,
Isolde Rötzer, Tim Schröder, Evdoxía Tsakiridou

Graphische Konzeption: BUTTER. Düsseldorf
Layout: Vierthaler & Braun, München
Titelbild: dpa / Vierthaler & Braun
Lithos + Druck:
Gotteswinter und Aumaier GmbH, München

Anzeigen: Heise Zeitschriften Verlag
Technology Review, Karl-Wiechert-Allee 10
30625 Hannover, Telefon +49 511 5352-0
www.heise.de/mediadaten
Nächster Anzeigenschluss: 7. November 2013

Bezugspreis im Mitgliedspreis enthalten.
© Fraunhofer-Gesellschaft, München 2013

ClimatePartner^o
**klimaneutral
gedruckt**



 **Fraunhofer**

Spin-offs

Kabelsalat ade

Der neue Schreibtisch ist aufgebaut, PC und Drucker sind installiert, aber leider stören die Kabel den Gesamteindruck. Das kann sich bald ändern. Die SUPA (Smart Universal Power Antenna) wireless GmbH, eine Ausgründung aus dem Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS in Chemnitz mit Firmensitz in Bielefeld, will eine neue Technologie auf dem Markt etablieren, die ohne Kabel auskommt.

Die drahtlose Energieübertragung funktioniert nach dem Induktionsprinzip – ähnlich wie bei der elektrischen Zahnbürste. Man legt ein Handy oder Notebook auf eine Ladefläche, die in ein Möbelstück – etwa einen Schreibtisch – integriert wurde. Eine Sendeeinheit mit Antenne erkennt das Endgerät und versorgt es mit Energie. Maik-Julian Büker, der sich 2009 in seiner Diplomarbeit mit dem Thema drahtlose Energieversorgung auseinandersetzte, hatte die Idee. Dr. Christian Heyadat, Leiter der Abteilung Advanced System Engineering ASE am ENAS, unterstützte ihn.

»2010 gab es ein Gemeinschaftsprojekt der Abteilung ASE mit der Universität Paderborn. Der Konferenztisch war der Anfang«, erzählt der Geschäftsführer der SUPA wireless GmbH, Jörg Euskirchen. »Im Oktober stellten wir dann auf der Messe Orgatec in Köln Leuchtkugeln vor, die auf drahtloser Energieübertragung basierten. Für Fujitsu entwickelten wir einen Monitor, der auf der CeBIT 2011 viel Aufsehen erregte.«

Im Oktober 2012 ging das Spin-off an den Start. »Wir konzentrieren uns heute auf zwei Bereiche«, sagt Euskirchen. »Zum einen die Integrationspartner – die Hersteller von Notebooks, Handys und Tablets, die SUPA nutzen. Und zum anderen die Infrastrukturpartner, die Möbelhersteller, welche die Ladeflächen in ihre Produkte integrieren.« Derzeit wird bei SUPA mit Hochdruck an marktfähigen Produkten gearbeitet. Im Frühjahr 2014 werden die Integrationsleuchte SUPAspot und die Adapterlösung SUPAmini auf den Markt kommen. Gerade entsteht das SUPAarray, eine Sendematrix mit einer Größe von 35 x 50 Zentimetern. Sie enthält 48 Antennen, die sich selektiv ansteuern lassen. Die jungen Unternehmer haben zahlreiche Preise gewonnen, etwa den Zukunftspreis des Handwerks 2011 und den Gründerwettbewerb-IKT-Preis des Bundeswirtschaftsministeriums 2013.

Jörg Euskirchen
www.supa-wireless.com

SUPA
supa wireless

Design aus dem virtuellen Materiallabor

Wird ein neues Filtermaterial den Pkw-Ölfilter verbessern? Bietet das faserige Material einen geringen Durchflusswiderstand und ist die Faltung optimal? Wie gut ist die Filterwirkung und wie lange hält der Filter? Bisher setzten Hersteller bei Antworten auf solche Fragen auf Erfahrungswissen und Tests – heute hilft Simulation. »Mit GeoDict lassen sich Material und Faltung am Rechner entwickeln und prüfen. Trial-and-Error-Versuche entfallen, man spart Zeit und Geld«, weiß Dr. Andreas Wiegmann, Geschäftsführer der Math2Market GmbH, einer Ausgründung aus dem Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern.

»Die Simulation von Mikrostrukturen und virtuelles Materialdesign sind ein Spezialgebiet des ITWM«, sagt der Experte, der sich erstmals Ende 1999 am Institut mit den akustischen Eigenschaften von Stoffen im Automobil-Innenbereich beschäftigt hat. 2001 erhielt seine Arbeitsgruppe für ihre Arbeiten auf diesem Gebiet den Fraunhofer-Preis. »Von Dezember 2001 an haben wir dann in unserer Abteilung die Funktionalitäten der einzelnen Werkzeuge in eine Software mit graphischer Oberfläche überführt«, erinnert sich Wiegmann. Der Name: GeoDict, das virtuelle Materiallabor.

In den vergangenen zehn Jahren bearbeiteten die ITWM-Experten mit GeoDict mehr als 100 Projekte. Dank der Entwicklung neuester mathematischer Materialmodelle, der Verfügbarkeit bezahlbarer und hochwertiger 3D-Bilder und der Beschleunigung aufgrund parallel laufender Software war es im September 2011 soweit: Das ITWM übertrug die Rechte zum Vertrieb sowie den Kundensupport für GeoDict an die Math2Market GmbH. 13 Mitarbeiter entwickeln heute Software und kümmern sich um Kundenanfragen aus aller Welt.

»Wir können 3D-Bilder von realen Materialien verarbeiten, Eigenschaften ausrechnen und Materialmodelle erstellen«, erklärt Wiegmann die Standbeine des Spin-offs. Mit GeoDict entwerfen die Experten etwa Dämm- und Filtermaterialien oder Brennstoffzellen-Komponenten und simulieren unter anderem Wärmedämm- und Filtrationsprozesse, digitale Ölfelder oder biochemische Materialien. Zu den Kunden gehören nationale und internationale Unternehmen aus der Bau- und Automobilindustrie, Papierhersteller, Öl- und Gasunternehmen sowie Forschungsinstitute.

Dr. Andreas Wiegmann
www.geodict.com / www.math2market.de/

MATH
2 MARKET

mit Nachwuchswettbewerb
„Innovatoren unter 35“



Foto: © DFKI

Referenten u.a.:

Dr. Stefan Ferber,
Bosch Software Innovations
GmbH, Director Partner
Networks and Communities

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen
Jasperneite,**
Leiter des Fraunhofer
Anwendungszentrums
Industrial Automation/
Modellfabrik Lemgo

Holger Junker,
Referatsleiter im Bundesamt
für Sicherheit in der Informa-
tionstechnik (BSI)

Martin Rapp,
Security Consultant/
Enterprise Security Services
Hewlett-Packard GmbH

Frank Riemensperger,
Vorsitzender der
Geschäftsführung
Accenture GmbH

Prof. Dr. Dieter Rombach,
Leiter des Fraunhofer Instituts
für Experimentelles Software-
Engineering

**Prof. Dr. Wolfgang
Wahlster,** Geschäftsführer
des Deutschen Forschungs-
zentrums für künstliche
Intelligenz

Wirtschaft und Wissenschaft treffen sich zum Thema:

Industrie 4.0 – Die Fabrik der Zukunft

Das Innovationsmagazin Technology Review lädt ein zur Diskussion
mit den wichtigsten Akteuren der nächsten industriellen Revolution

Termin: 5. und 6. November 2013 (1,5 Tage)

Ort: Messe Berlin – Marshall-Haus

Teilnahmegebühr:

Standardticket: 1.188,81 Euro

Sonderticket Wissenschaft und Forschung: 773,50 Euro

Studententicket: 446,25 Euro

**SAVE THE
DATE**

Veranstaltungsinhalte:

- **Erwartungshorizont:** Was bringt Industrie 4.0 für die einzelnen Branchen?
- **Umsetzung:** Wie wird ein Unternehmen fit für Industrie 4.0?
- **Digital Ecosystems:** Wie unterschiedliche Prozesssteuerungen zu Produktionsnetzwerken zusammenwachsen.
- **IT-Security:** Welche Sicherheitsarchitektur braucht die Fabrik der Zukunft?
- **Management:** Wie beeinflusst Industrie 4.0 den Wertschöpfungsprozess?
- **Hinter dem Horizont:** Industrie 4.0 und das Internet der Dienste

Anlässlich des 10-jährigen Jubiläums der deutschen Ausgabe von Technology Review wird die Redaktion erstmals einen Wettbewerb unter jungen Innovatoren durchführen. Ausgezeichnet werden Forscher oder Entwickler unter 35 Jahren.

Treffen Sie auf dem Technology Review Innovationskongress 2013 Deutschlands Top-Innovatoren unter 35, ausgewählt von einer hochrangig besetzten Jury.



Foto: © peshkova, Fotolia.com

Premiumpartner:



Sponsoren:



Medienpartner:



Partner:



Messe Berlin

OPEN-IT SUMMIT
Business | Public Sector | Industry

Wer die Zukunft erforschen will, forscht bei academics.de

Auf **academics.de/fraunhofer** finden Sie ein Spezial mit aktuellen Stellenangeboten von Forschungsinstituten sowie Hochschulen und forschenden Unternehmen, Gehaltsübersichten und Tipps für Ihre berufliche Weiterentwicklung in Wissenschaft und Forschung.

Gewinnen Sie jetzt besondere und erlesene Produkte aus dem ZEIT-Shop auf academics.de/fraunhofer.

**academics.de,
der führende
Stellenmarkt für
Wissenschaftler**



academics.de/fraunhofer
Der schlauere Stellenmarkt