



## FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2013 ||

### 1 Endlich wieder besser hören

Rund 17 Millionen Menschen hierzulande sind schwerhörig. Bei vielen ist die Erkrankung so stark ausgeprägt, dass eine normale Hörhilfe nicht mehr ausreicht. Künftig soll ein ambulant implantierbares Gerät das Hörvermögen der Patienten verbessern.

### 2 Längeres Leben für Lithium-Schwefel-Batterien

Elektroautos haben nach wie vor einen schweren Stand auf Deutschlands Straßen. Die Fahrzeuge sind zu teuer und ihre Reichweite zu gering. Doch jetzt ist ein Durchbruch bei der leistungsfähigen und kostengünstigen Lithium-Schwefel-Batterie gelungen.

### 3 Vielversprechende Stammzelltherapie bei Leukämie

Leukämie-Patienten erhalten oft eine Knochenmarktransplantation, quasi ein »neues« Immunsystem. Dieses greift jedoch nicht nur die Krebszellen an, sondern auch gesundes Gewebe. Spezielle Antikörper sollen künftig das gesunde Gewebe schützen.

### 4 Straßen vermessen mit 100 Sachen

Wind und Wetter, Reifen und Stahl machen dem deutschen Straßennetz zu schaffen. Doch die Schäden an Asphalt und Beton zu erfassen war bisher umständlich und teuer. Ein neuer Laserscanner macht die Messung jetzt schneller, genauer und günstiger.

### 5 Finden statt suchen

In großen Lagern kann man leicht den Überblick verlieren. Nicht so am Magdeburger Standort des Windenergieanlagen-Herstellers Enercon: Dort sorgt ein Ortungssystem mit digitaler Lagerhaltung für mehr Transparenz und deutlich schnellere Prozesse.

### 6 Photovoltaik-Module schneller ummanteln

Der Markt für Solarmodule ist heiß umkämpft. Unternehmen müssen daher Kosten sparen. Etwa mit einem neuen Verfahren: Es bettet die Zellen mehr als doppelt so schnell in ihre schützende Kunststoffhülle ein – und spart so Zeit und Geld.

### 7 Rasch zu neuen Informationsdienstleistungen

Seien es Smartphone-Apps, die Temperaturüberwachung von Lebensmitteln oder Hilfen gegen Produktpiraterie – eine neue Dienstleistung auf die Beine zu stellen, ist aufwändig. Die Service Engineering Plattform NSEB soll das künftig vereinfachen.

### 8 Kurzmeldungen

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa. Unter ihrem Dach arbeiten 66 Institute und selbstständige Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland. Mehr als 22 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erzielen das jährliche Forschungsvolumen von 1,9 Milliarden Euro. Davon erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft rund zwei Drittel aus Aufträgen der Industrie und öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Die internationale Zusammenarbeit wird durch Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien gefördert.

---

#### **Impressum**

FORSCHUNG KOMPAKT der Fraunhofer-Gesellschaft | Erscheinungsweise: monatlich | ISSN 0948-8375 | Herausgeber und Redaktionsanschrift: Fraunhofer-Gesellschaft | Presse und Öffentlichkeitsarbeit | Hansastraße 27c | 80686 München | Telefon +49 89 1205-1302 | [presse@zv.fraunhofer.de](mailto:presse@zv.fraunhofer.de) | Redaktion: Franz Miller, Britta Widmann, Tobias Steinhäuser | Abdruck honorarfrei, Belegexemplar erbeten. Alle Pressepublikationen und Newsletter im Internet auf: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse). FORSCHUNG KOMPAKT erscheint in einer englischen Ausgabe als RESEARCH NEWS.

## Endlich wieder besser hören

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2013 || Thema 1

»Wie bitte? Ich kann Sie nicht verstehen. Können Sie bitte lauter reden?« Wer sein Gegenüber nur noch mit Mühe versteht, gerät nicht nur schnell ins soziale Abseits, sondern auch in gefährliche Situationen – etwa im Straßenverkehr. Eine Hörhilfe ist daher für die Betroffenen – in Europa ist das fast jeder Zweite über 65 Jahre – unverzichtbar. Bei stark Hörgeschädigten stoßen jedoch herkömmliche, hinter der Ohrmuschel getragene Geräte an ihre Grenzen. Den Betroffenen hilft nur ein Implantat, das den Klang mehr verstärkt als klassische Systeme und das sich durch eine bessere Tonqualität auszeichnet. Das Problem: Diese Mittelohrimplantate lassen sich nur in mehrstündigen Operationen einsetzen. Die aufwändigen Eingriffe sind risikoreich und teuer – sie werden daher nur selten durchgeführt. Doch die Patienten dürfen hoffen: Derzeit arbeiten Wissenschaftler an einem neuartigen Hörgerät, das sich wesentlich einfacher implantieren lässt und daher für viele erschwinglich wird.

Die neue Lösung besteht aus drei Teilen: Einem externen Gehäuse mit Mikrofon und Batterie, einer drahtlosen, optischen Signal- und Energieübertragung zwischen Außen- und Mittelohr sowie einem Schallwandler – Herzstück und Lautsprecher des Implantats. Forscher vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart entwickeln den rund 1,2 Millimeter großen, runden Schallwandler. Partner im Projekt, das das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert, sind die Universitäts-HNO-Klinik Tübingen, das Naturwissenschaftliche Medizinische Institut NMI an der Universität Tübingen und die auric Hörsysteme GmbH. »Unser Ziel ist es, die bessere Klangqualität implantierbarer Hörgeräte mit einer stark vereinfachten Operation zu kombinieren«, sagt Dominik Kaltenbacher, Ingenieur am IPA. »Um unser System einsetzen zu können, muss lediglich das Trommelfell seitlich gelöst und aufgeklappt werden. Dies ist in einem ambulanten Eingriff möglich.«

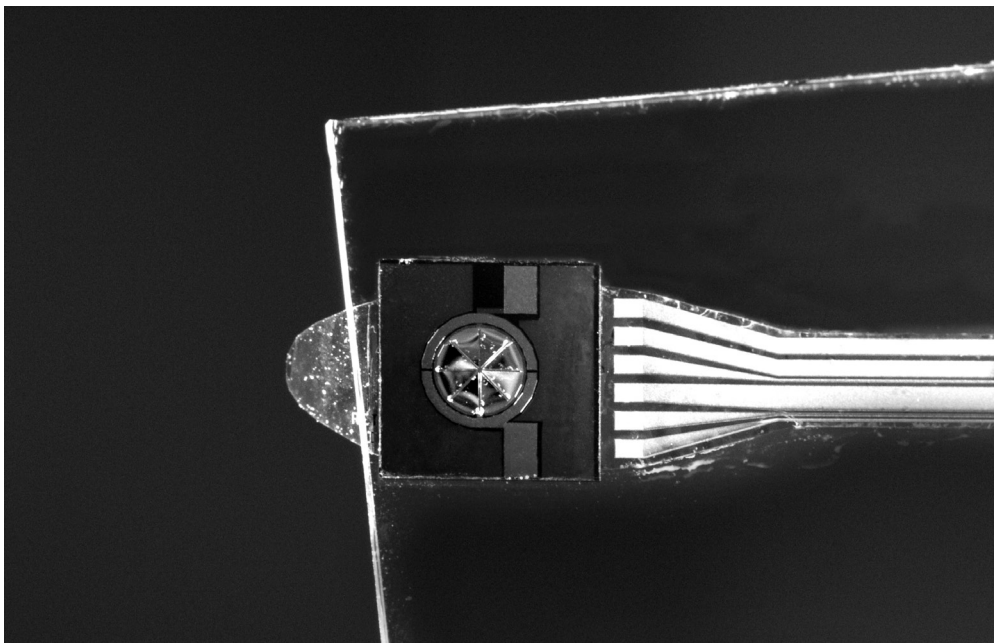
### Mikroaktor sitzt zwischen Mittel- und Innenohr

Der Schallwandler, der als piezoelektrischer Mikroaktor realisiert ist, lässt sich dann direkt an der Verbindung zwischen Mittel- und Innenohr – »rundes Fenster« genannt – platzieren. Dort überträgt er das Hörsignal in Form von verstärkten mechanischen Schwingungen an das Innenohr und steigert so das Hörvermögen. »Der Schallwandler funktioniert nach dem Prinzip des Biegeaktors«, erläutert Kaltenbacher. »Die kuchenförmig angeordneten Biegeelemente bestehen aus einem Schichtverbund aus Piezokeramik und Silizium. Wird eine elektrische Spannung angelegt, biegen sich die Elemente nach oben und erzeugen eine mechanische Schwingung. Diese überträgt sich auf die Membran des runden Fensters sowie das Innenohr und regt so den Hörnerv an«.

Der Effekt: Obwohl das Rundfensterimplantat nicht größer als ein Stecknadelkopf ist, erzielt es eine rechnerische Leistung von bis zu 120 Dezibel. Dies entspricht der Lautstärke eines Presslufthammers. »Vor allem bei hohen Tönen ist diese große Leistung für

ein sehr gutes Sprachverstehen notwendig, denn insbesondere die Höhen nehmen stark Schwerhörige nicht mehr wahr«, sagt der Forscher vom IPA.

Derzeit testen die Experten ein erstes Funktionsmuster im Labor positiv. »Die einzelnen Komponenten des Hörgeräts sind entwickelt, im nächsten Schritt müssen sie optimiert und zusammengebaut werden«, so Kaltenbacher. Die Anforderungen an das Implantat sind hoch: Das Material muss körperverträglich verkapselt werden und langzeitstabil sein, schließlich müssen Hörgeräteimplantate mindestens zehn Jahre halten. Im Juni dieses Jahres sollen die optimierten Einzelkomponenten vorliegen, der Test des Gesamtsystems ist für 2014 geplant.



Das Labormuster des Schallwandlers weist eine quadratische Außengeometrie auf. Künftig wird er jedoch kreisförmig ausgelegt sein. (© Fraunhofer IPA) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)

## Längeres Leben für Lithium-Schwefel-Batterien

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2013 || Thema 2

Mehr als 40 Millionen Autos rollen derzeit über Deutschlands Straßen. Lediglich ein Bruchteil davon fährt jedoch mit elektrischer Energie. Rund 6400 Fahrzeuge sind es aktuell laut Verkehrsministerium. Die Gründe liegen in der vergleichsweise geringen Reichweite und den hohen Kosten der Stromspeicher: Käufer müssen nach wie vor mehrere Tausend Euro für die Akkus auf den Tisch legen und die Suche nach einer Aufladestation beginnt oft schon nach den ersten 100 Kilometern. Forscher tüfteln deshalb an effizienteren Technologien. Äußerst vielversprechend ist dabei die Lithium-Schwefel-Batterie. Sie ist wesentlich leistungsfähiger und kostengünstiger als die bislang bekanntere Lithium-Ionen-Variante. Doch bislang ist sie wegen ihrer geringen Lebensdauer noch in keinem Auto zu finden. Das könnte sich in absehbarer Zeit ändern.

Wissenschaftler am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden haben jetzt ein neues Batteriedesign entwickelt, das die Aufladezyklen von Lithium-Schwefel-Akkus um das Siebenfache erhöht. »Bisher kam man bei Tests kaum über 200 Zyklen hinaus. Durch eine besondere Kombination aus Anoden- und Kathodenmaterial konnten wir nun 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. Diese ist wesentlich stabiler, da sie sich bei jedem Ladevorgang weniger verändert als das Lithium-Metall. Denn je stärker sich das Anodenmaterial verformt, desto mehr vermischt es sich mit dem flüssigen Elektrolyten, der zwischen Anode und Kathode liegt und den Strom transportiert. Bei diesem Vorgang zersetzt sich die Flüssigkeit in Gas und Feststoffe. Die Batterie trocknet aus. »Im Extremfall »wächst« die Anode bis zur Kathode und sorgt mit einem Kurzschluss für den vollständigen Zusammenbruch der Batterie«, erklärt Althues.

Entscheidend für die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer einer Batterie ist das Zusammenspiel von Anode und Kathode. Beim Lithium-Schwefel-Modell bildet elementarer Schwefel die Kathode. Der Vorteil: Schwefel ist im Vergleich zum knappen Kobalt – dem hauptsächlich in Lithium-Ionen-Batterien verwendeten Kathodenmaterial – in nahezu unbegrenzten Mengen verfügbar und dadurch günstiger. Doch auch der Schwefel tritt mit dem flüssigen Elektrolyt in Wechselwirkung. Die Leistungsfähigkeit der Batterie sinkt, im schlimmsten Fall verliert sie vollständig an Kapazität. Die Forscher am IWS nutzen poröse Kohlenstoffe, um diesen Vorgang zu entschleunigen. »Wir haben die Poren der Kohlenstoffe exakt angepasst, damit sich der Schwefel dort einlagern kann und sich langsamer mit dem Elektrolyt verbindet«, veranschaulicht Althues. Zusammen mit seinen Kollegen hat der Forscher eine Methode entwickelt, um diese speziellen Kathoden herzustellen.

## Doppelt so weit fahren

Die Experten vom IWS messen die Leistungsfähigkeit einer Batterie in Watt-Stunden pro Kilogramm (Wh/kg). Von Lithium-Schwefel-Batterien versprechen sie sich langfristig eine Energiedichte von bis zu 600 Wh/kg. Zum Vergleich: Aktuell verwendete Lithium-Ionen-Akkus kommen lediglich auf maximal 250 Wh/kg. »Mittelfristig realistisch sind eher Zahlen um 500 Wh/kg. Das heißt, man kann bei identischem Batteriegewicht doppelt so weit fahren«, so Althues. Im Umkehrschluss sind deutlich leichtere Batteriemodelle möglich. Das ist nicht nur für Automobil-, sondern auch für Smartphone-Hersteller interessant: Die mobilen Alleskönner würden mit leichteren Akkus deutlich an Gewicht verlieren. »Vielleicht macht Lithium-Schwefel ja sogar das elektrische Fliegen möglich. Bis dahin muss aber noch viel passieren«, ergänzt Althues. Aktuell arbeiten die Wissenschaftler daran, das Material weiter zu optimieren und es an größeren Batteriemodellen einzusetzen. Auch auf geeignete Herstellungsmethoden wollen sie ihr Augenmerk legen. Denn nur so besteht die Chance, dass die Technologie es in den Massenmarkt schafft und sich die Zahl der Elektroautos auf deutschen Straßen entscheidend vergrößert.



**Beschichtung von Elektroden  
im Rolle-zu-Rolle-Verfahren:  
Die Forscher haben jetzt  
das Design von Anode und  
Kathode für Lithium-Schwefel-  
Batterieren optimiert.  
(© Jürgen Jeibmann/  
Fraunhofer IWS) | Bild in Farbe  
und Druckqualität: [www.  
fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Vielversprechende Stammzelltherapie bei Leukämie

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2013 || Thema 3

Früher hatte man gegen Leukämie keine Chance. Heute können Ärzte betroffenen Patienten Hoffnung geben: Sie transplantieren Knochenmark – quasi ein »neues« Immunsystem. Die transplantierten Zellen ersetzen die erkrankten, blutbildenden Stammzellen im Knochenmark, bilden gesunde Blutzellen und zerstören zudem die Leukämiezellen. Das Problem: Das Immunsystem kommt aus einem fremden Körper und kann sich daher auch gegen gesundes Gewebe des Patienten richten. Betroffen sind vor allem die Haut, die Leber und der Darm – ihre Zellen können zerstört und die Organe somit schwer geschädigt werden, teilweise bis hin zum Organversagen. Ärzte sprechen von der Graft-versus-Host-Disease, kurz GvHD. Wie problematisch diese fehlgeleitete Immunreaktion ist, zeigen folgende Zahlen: 50 Prozent aller Patienten können Schäden durch die GvHD davontragen, bei 20 Prozent der Behandelten kann sie sogar zum Tod führen. Ein weiteres Risiko: Bei jedem fünften Patienten tritt die Leukämie nach der Transplantation erneut auf.

Um den Krebs möglichst effektiv zu bekämpfen, behandeln Ärzte Leukämie-Patienten vor der Transplantation mit Chemotherapie und Bestrahlung. Diese Behandlungen zerstören das gesamte blutbildende System des Patienten, sie schaffen also Platz für die gesunden Zellen des Spenders. Bleibt dennoch die eine oder andere Krebszelle durch die Behandlung verschont, wird sie von den neuen Immunzellen erkannt und zerstört. Damit sich das »fremde« Immunsystem nicht gegen gesundes Gewebe richtet, geben die Ärzte den Betroffenen zusätzlich Immunsuppressiva und unterdrücken das Immunsystem somit künstlich. Ein schwieriger Spagat, denn die Immunsuppressiva unterbinden die GvHD ebenso wie die gewünschte Immunantwort, das Abtöten der Krebszellen.

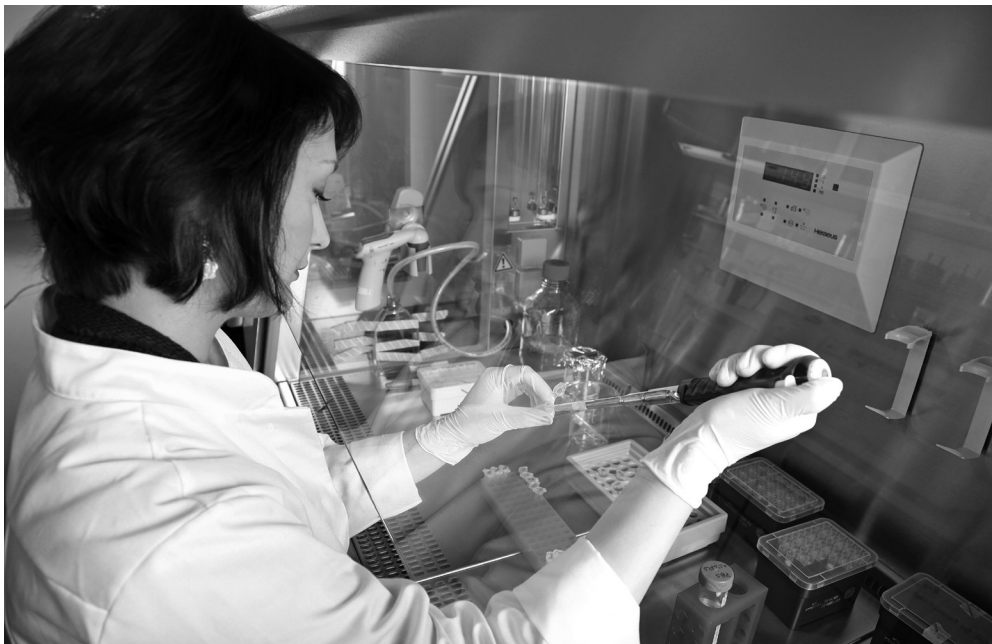
### Risiko einer fehlgeleiteten Immunreaktion minimieren

Forscher vom Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI in Leipzig arbeiten daran, die Situation für die Leukämie-Kranken zu verbessern. »Unser Ziel ist es, GvHD zu vermeiden, ohne die neue Immunwirkung auf den Tumor zu verändern«, sagt Dr. Stephan Fricke, Gruppenleiter am Fraunhofer IZI und Arzt in der Abteilung »Hämatologie und internistische Onkologie« am Uniklinikum Leipzig. »Große Hoffnungsträger sind dabei monoklonale Antikörper: Sie binden spezifisch an die Oberfläche von Immunzellen und verhindern eine unerwünschte Reaktion der Immunzellen gegen das Gewebe des Patienten.« Das Besondere: Die Antikörper wirken auch auf die Blutstammzellen, die transplantiert werden sollen, und auf alle Immunzellen, die sich daraus entwickeln. Somit können die Forscher die Zellen bereits vor der Transplantation modulieren, und sie dazu bringen, das gesunde Gewebe des Patienten zu »tolerieren«, statt es anzugreifen. »Wir können das Risiko einer GvHD somit effektiv und ohne Nebenwirkungen senken«, erläutert Fricke. Die Immunantwort gegen verbliebene Krebszellen ändert sich nicht durch die Antikörper – sie werden weiterhin zerstört. Das

Risiko, dass die Leukämie nach der Transplantation erneut auftritt, wird somit gesenkt.

Derzeit erforschen die Wissenschaftler gemeinsam mit ihren Kollegen vom Translationszentrum für Regenerative Medizin der Universität Leipzig die zellulären Grundlagen dieser Effekte. Wann ist der optimale Zeitpunkt, um die Antikörper dem Spender-Knochenmark hinzuzufügen? Wie viele der Antikörper müssen verwendet werden? Um dies zu untersuchen, simulieren die Forscher zunächst mit verschiedenen und bereits etablierten Modellen sowohl die GvHD als auch das menschliche Immunsystem. An diesen ermitteln sie dann alle relevanten Parameter.

Den »Proof of Principle« haben die Forscher bereits erbracht – sie konnten also zeigen, dass die Therapie funktioniert. Nun laufen die ersten Versuche an Mäusen mit einem menschlichen Immunsystem. Noch in diesem Jahr, so hoffen die Wissenschaftler, könnte die klinische Studie beginnen.



Wissenschaftler untersuchen, wie Antikörper gesundes Gewebe von Leukämiepatienten am besten schützen können. (© Dirk Mahler/Fraunhofer) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)



## **Straßen vermessen mit 100 Sachen**

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2013 || Thema 4

470 Milliarden Euro sind Deutschlands Straßen wert. In vielen Gemeinden machen die Fahrwege über 60 Prozent des kommunalen Anlagevermögens aus. Doch dieser Wert droht zu verfallen. Viele der Strecken sind über 30 Jahre alt. Witterung und vor allem Verschleiß haben den Asphalt- und Betonbelägen stark zugesetzt. Denn trotz des Bemühens, mehr Verkehr auf Schienen- und Wasserwege zu verlagern, laufen immer noch 65 Prozent des Güter- und 82 Prozent des Personenverkehrs über Straßen. Nicht nur die Berichte über zunehmende Schäden nehmen deshalb zu, auch das Budget zur Erhaltung des Netzes steigt stetig: 2016 soll es ein historisches Hoch von 3,5 Milliarden Euro erreichen.

Doch wie lassen sich der aktuelle Zustand und der Wert einer Straße ermitteln? »Ein wichtiger Faktor ist die Qualität der Oberfläche, genauer gesagt, der Grad ihrer Ebenheit«, erklärt Dr. Alexander Reiterer, Leiter der Forschungsgruppe »Laser Scanning« am Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg. Er und sein Team haben den ersten Laserscanner entwickelt, den die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) zur Messung der Straßenebenheit zugelassen hat. Die Technologie, die sich bereits in der Bahnmesstechnik bewährt hat, ist schneller, genauer und kostengünstiger als die bisher angewandte Methode. Ein einzelner hochauflösender Laserscanner genügt, um die Fahrbahnoberfläche auf einer Breite von vier Metern mit einem Laserstrahl abzutasten und zu vermessen.

### **Nicht größer als ein Schuhkarton**

Der Scanner – nicht größer als ein Schuhkarton – ist in drei Metern Höhe am Messfahrzeug befestigt. In dessen Innern rotiert ein achtseitiger Spiegelkörper, der den Laserstrahl quer zur Fahrtrichtung über die Straße lenkt. Ein Öffnungswinkel von 70 Grad genügt, um die komplette Straßenbreite auf vier Metern Breite abzutasten – und dies bei normaler Fahrzeugbreite. Das Signal wird vom Asphalt zurück auf den Scanner reflektiert und trifft dort auf einen speziellen Detektorchip. Aus der Laufzeit des Laserlichts lässt sich dann die Distanz zwischen Scanner und Straßenoberfläche bestimmen. Die Genauigkeit liegt dabei zwischen 0,15 und 0,3 Millimeter. Breite Anbauten am Fahrzeug wie bei herkömmlichen Messapparaturen sind nicht nötig. Es muss lediglich dafür gesorgt werden, dass Orientierung und Position des Messfahrzeugs bestimmt werden können. Dies geschieht durch den Einsatz des globalen Navigationssatellitensystems GNSS und eines inertialen Messsystems. »Die Messung ist unabhängig von äußeren Lichteinflüssen und kann bei Geschwindigkeiten von bis zu 100 km/h erfolgen«, beschreibt Reiterer die Vorteile.

Erste Praxistests hat der »Pavement Profile Scanner PPS« des IPM bereits bestanden. Deutschlandweit insgesamt 15 000 Kilometer Autobahnen und Bundesstraßen hat man zusammen mit den Straßengutachtern der Firma LEHMANN + PARTNER GmbH seit

Sommer letzten Jahres gescannt. Im Frühjahr nehmen die Vermessungsprofis die Start- und Landebahnen des Hamburger Flughafens unter die Lupe. »Für die Zulassung auf der Straße stellte die BASt strenge Kriterien auf: Der Laser sollte nicht nur auf 0,3 Millimeter genau messen, sondern auch augensicher sein. Das heißt, auch wenn man längere Zeit in den Laser blickt, darf dies für die Augen nicht gefährlich sein. Beide Hürden hat die Technologie der Entwicklungspartner problemlos genommen«, berichtet Dr. Dirk Ebersbach, Geschäftsführer von LEHMANN + PARTNER. Das Erfurter Ingenieurbüro erfasst Daten für die Straßeninformationsbanken der Länder und Kommunen und bewertet die Verkehrsinfrastruktur in Deutschland. »Die durchschnittliche Lebensdauer einer Straße beträgt etwa 30 Jahre; die Asphaltdecke kommt meist nur auf zwölf Jahre. Die Erfassung von Unebenheiten oder Verformungen wie zum Beispiel Spurrinnen muss in einem frühen Stadium erfolgen, um durch rechtzeitige Sanierungsmaßnahmen Schädigungen an tiefer liegenden Schichten zu vermeiden«, ergänzt Ebersbach.

In den Laboren am Freiburger IPM verfeinern die Forscher den Laserscanner währenddessen weiter. Sie wollen vor allem an der Messgenauigkeit schrauben: Der Prototyp der neuen Scannerversion misst mit einer Frequenz von 2 Megahertz (MHz); dies entspricht zwei Millionen Messungen pro Sekunde. Das aktuelle Modell kommt noch mit 1 MHz aus. »Zukünftig wollen wir nicht nur die Ebenheit einer Straße untersuchen, sondern auch gezielt kleinste Risse aufspüren. Das beugt Schäden besser vor. Bislang wird das noch mit Kameras gemacht«, schildert Reiterer. Das Untersuchungsobjekt wird den Forschern jedenfalls nicht ausgehen: Das deutsche Straßennetz allein umfasst zirka 626 000 Kilometer. Das entspricht knapp der Distanz von der Erde bis zum Mond und wieder zurück.



**Ein einzelner Laserscanner genügt, um die Ebenheit einer vier Meter breiten Straße mit einem Laserstrahl zu vermessen. (© LEHMANN + PARTNER GmbH) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Finden statt suchen

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2013 || Thema 5

Bis zu 50 Meter lang und tonnenschwer – die Rotorblätter, die Enercon in seinem Werk in Magdeburg für Windenergieanlagen herstellt, sind imposant. Entsprechend viel Platz benötigen sie, wenn sie auf dem 0,5 Quadratkilometer großen Werksgelände zwischengelagert werden und auf ihre Auslieferung warten. Die Organisation des Außenlagers erfolgte lange Zeit per Telefon, Informationstafel und manueller Dokumentation. Das barg Fehlerpotenzial, außerdem war der Aufwand hoch, den Lagerstatus aktuell zu halten, etwa, wenn Mitarbeiter ein Bauteil auf dem Gelände umlagerten. Um sich einen Überblick über das Lager zu verschaffen, war eine Inventur nötig.

Dass diese Methode zeitaufwändig und mit hohen Kosten verbunden ist, war dem Enercon-Management schon länger klar. Doch eine Alternative, die Medienbrüche vermeidet, war nicht in Sicht – bis sich die Fabrikplaner von Enercon mit Experten des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg zum Gedankenaustausch trafen. »Früher gab es bei der Lagerhaltung viele Medienbrüche zwischen Pinnwand, Papiausdrucken, Exceltabellen und anderen Hilfsmitteln«, erinnert sich Tobias Kutzler, Projektleiter am IFF. Das Projektteam des IFF schlug eine Lösung zur Verwaltung des Außenlagers vor, die Arbeitsprozesse vereinfacht und den Aufwand im Lagermanagement erheblich reduziert.

### GPS-Modul und Bewegungssensor erleichtern Inventur

Die Idee: An jedem Bauteil wird bei der Endabnahme ein Ortungsgerät von der Größe eines kleinen Taschenbuchs befestigt. Das darin enthaltene GPS-Modul errechnet aus Satellitendaten seine Position auf rund einen Meter. Diese Position wird über Mobilfunksignale in die Zentrale übermittelt, wo das Bauteil in einer digitalen Karte registriert ist. Ein Bewegungssensor erkennt, wenn das Teil bewegt wird und meldet die neue Position des Rotorblatts auf dem Gelände. Wenige Mausklicks genügen, um den Ort eines Bauteils und seine Produktions- und Lagerhistorie abzurufen. Das spart Zeit: Dauerte eine Inventur des Lagers früher bis zu zwei Tage, schrumpft der Zeitaufwand nun auf weniger als fünf Minuten.

Zwei RFID-Chips – einer im Ortungsgerät, ein zweiter direkt am Bauteil – machen die lückenlose elektronische Überwachung komplett. Die digitalen Typenschilder dienen als eine Art Logbuch. Sie werden mit einem handlichen Lesegerät erfasst und enthalten Informationen etwa über Bauteilnummer, Bauteilart und Herkunft. Auf diese Weise können die Teile auch noch auf der Baustelle der Windenergieanlage identifiziert werden oder später bei Wartungsarbeiten und Reparaturen.

Die Befestigung der Ortungsgeräte erfolgt mithilfe eines Adapters, der am Flansch, also dem Anschluss des Rotorblatts angebracht wird. Nimmt der Lagerarbeiter das Ortungsgerät vor der Auslieferung wieder ab, muss er es lediglich eine bestimmte Zeit lang auf

den Kopf stellen. Dann wird das Bauteil automatisch aus der Lagerliste ausgebucht, ohne dass der Mitarbeiter den PC bemühen muss.

### **Effiziente Lagerplanung**

Auch bei der Planung ihres Lagers können sich die Mitarbeiter auf die Software verlassen. Sie schlägt für jedes neue Rotorblatt den optimalen Lagerplatz vor, damit die Flächen möglichst effizient genutzt werden. Die Mitarbeiter können den Vorschlag annehmen – oder selbst einen geeigneten Lagerplatz festlegen. Die Software erkennt das und errechnet die nächsteffiziente Variante. Die Zeit der vielen Dokumente und Telefonate ist bei Enercon in Magdeburg vorbei. »Heute gibt es einen großen Touchscreen und verteilte Arbeitsstationen, auf denen alle Informationen abgerufen werden können«, so Projektleiter Kutzler.

Mit den Ortungsmodulen lassen sich jedoch nicht nur Bauteile in Lagern aufspüren. Ein Stahlproduzent hat seine Fahrzeuge im Werk damit ausgerüstet, um die Belastung der Fahrzeuge beim Bewegen schwerer Stahlteile zu messen. Und für das Elektromobilitäts-Forschungsprojekt Harz.EE-Mobility hat das IFF sogar Elektroautos mit den Modulen ausgerüstet, damit sich die Nutzung der Fahrzeuge dokumentieren lässt. Dabei fanden die Forscher unter anderem heraus, mit welchen Ladezuständen der Batterien die Fahrzeuge bewegt und abgestellt werden. Das hilft, die Infrastruktur der Ladestationen zu optimieren und die Nutzung von Elektroautos als Energiepuffer in intelligenten Stromnetzen einzuschätzen.



**RFID-Chips im Bauteil und in der Ortungseinheit ermöglichen eine automatisierte, lückenlose Verfolgung. (© Dirk Mahler/Fraunhofer IFF) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Photovoltaik-Module schneller ummanteln

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2013 || Thema 6

Solarzellen müssen viel aushalten: Schnee, heiße Sommertage, Regen und Feuchtigkeit. Um sie bestmöglich zu schützen, betten die Hersteller die Zellen in Kunststoff ein, meistens in Ethylvinylacetat, kurz EVA. Das Prinzip: Im ersten Schritt laminieren sie die Zellen. Dazu legen sie eine Folie um die Zellen und erhitzen diese. Ist der Kunststoff weich, wird der gesamte Stapel im Laminator zusammengepresst, so dass er gut um die Zellen herumfließt und sie umschließt. Dabei vulkanisiert der Kunststoff – das heißt er vernetzt, es entsteht eine Art Gummi. Der Vorteil: In diesem Zustand ist das Material nicht mehr schmelzbar, es ist stabiler und schützt die Zellen besser vor mechanischen und thermischen Belastungen. Für die Vernetzung wird der Solarzellen-Kunststoff-Stapel im Vakuum laminator auf bis zu 150 Grad Celsius erhitzt; diese hohe Temperatur gibt den »Startschuss« für die Vernetzung. Die Prozesszeiten für das Vulkanisieren sind allerdings recht lang: Etwa 20 Minuten muss der Zellenstapel im Laminator bleiben, manchmal auch länger, was die Produktionskosten in die Höhe treibt.

### Laminieren in weniger als acht Minuten

Diesem Kostendruck können die Hersteller auf zwei Wegen entgegenwirken, sprich: Sie können den Prozess selbst optimieren oder aber bessere Materialien verwenden. Forscher vom Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP in Halle unterstützen Hersteller künftig auf der Prozessseite, gemeinsam mit den Kollegen der Firma LANXESS: »Wir haben den Laminationsprozess so modifiziert, dass er statt 20 Minuten nur etwa 7 bis 8 Minuten dauert, wir konnten also die Dauer des Gesamtprozesses um mehr als 50 Prozent reduzieren«, sagt Dr. Stefan Schulze, Leiter des Teams »Polymermaterialien« am CSP. »Damit können wir im Vergleich zum Standardprozess in der gleichen Zeit doppelt so viele Module auf einer Anlage laminieren, was sich direkt in den Produktionskosten je Modul niederschlägt.«

Als Vorbild diente den Forschern Drucktinte beim Zeitungsdruck, die durch eine UV-Lampe in wenigen Sekunden vulkanisiert. Ebenso funktioniert der Vernetzer, den LANXESS verwendet – aktiviert durch UV-Strahlung statt durch hohe Temperaturen vernetzt er den Kunststoff innerhalb weniger Sekunden bei gleichbleibender Qualität. Der Grund dafür liegt in den Kunststofffolien: Verwendet man die üblichen Additive im Kunststoff, muss man beim Mischen der Bestandteile darauf achten, ständig unterhalb der Vernetzungstemperatur zu bleiben – man muss also recht sanft mischen. Die entstehende Folie ist daher oft nicht sehr homogen. »Vernetzen die Additive dagegen über UV-Strahlung, können wir scharf mischen. Somit erzielen wir homogene Folien und damit eine bessere Vernetzung des Kunststoffs«, verdeutlicht Schulze.

Den UV-Vernetzungsprozess haben die Forscher vom CSP im Fraunhofer-Innovationscluster SolarKunststoffe entwickelt. Hier suchen sie Antworten auf folgende Fragen: Wie lässt sich der Prozess steuern? Welche Temperaturen sind notwendig? Und wie viel

Strahlung braucht man? Die Mitarbeiter der Firma LANXESS haben sich dem Material gewidmet, also der Rezeptur und der Art und Menge des UV-Vernetzers. Eine Pilotanlage zur Vernetzung gibt es bereits am CSP: An ihr optimieren die Forscher nun die vier Parameter – die Strahlungsmenge, die Temperatur, die Lampenhöhe und die Vorschubgeschwindigkeit, mit der die Module unter den UV-Lampen durchfahren. »Der Prozess ist einsatzbereit«, sagt Schulze. Hohe Kosten für die Umrüstung ihrer Produktionsanlagen brauchen interessierte Hersteller nicht fürchten: Lediglich eine UV-Lampe müsste ergänzt werden.



Wissenschaftler laminieren eine Solarzelle am CSP in Halle. Der Prozess ist mehr als doppelt so schnell wie bisher. (© Fraunhofer CSP) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)

## Rasch zu neuen Informationsdienstleistungen

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2013 || Thema 7

Vom Biergarten bietet sich ein herrlicher Blick auf die Alpen – für die meisten Urlauber eine wahre Wonne. Doch welcher der Gipfel ist jetzt gleich noch der Herzogstand? Eine App könnte hier weiterhelfen. Solche oder andere Dienstleistungen zu entwickeln, ist jedoch aufwändig: Denn hinter jeder Dienstleistung stehen Prozesse, Menschen, Informationssysteme und die jeweils passenden Geschäftsmodelle. Egal, ob es sich dabei um eine App auf dem Mobiltelefon, die Temperaturüberwachung von Lebensmitteln oder das Aufspüren von gefälschten Markenprodukten handelt.

Forscher des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen haben eine Service Engineering Plattform entwickelt, mit der sie verschiedene Dienstleistungen schnell und stringent entwickeln können. »Gerade für das Design von Informationsdienstleistungen, die auf neuen Kommunikationstechniken basieren, gab es bislang keine vernünftigen Vorgehensmodelle und Entwurfsplattformen«, sagt Prof. Dr. Alexander Pflaum, Abteilungsleiter am IIS. »Diese Lücke haben wir mit unserer Plattform NSEB® geschlossen.« Sie leitet die Forscher durch die Entwicklung der Dienstleistung und vereint Technik, Betriebswirtschaft und Wirtschaftsinformatik. »Dabei arbeiten wir eng mit unseren Partnern aus der Wirtschaft zusammen und binden sie permanent in den Entwicklungsprozess ein. Wir liefern die Methodik, die Werkzeuge und die Inhalte, unsere Partner spezifische Informationen, die wir für einen erfolgreichen Entwicklungsprozess benötigen«, erläutert Pflaum.

Die Plattform umfasst vier Handlungsschritte. Im ersten, dem »Schnellschuss«, erörtern die Forscher in einem zweitägigen Workshop gemeinsam mit dem Dienstleister, ob das Vorhaben generell machbar ist, und ob es sich wirtschaftlich lohnen könnte. Im zweiten, der etwa zwei bis vier Wochen in Anspruch nimmt, ermitteln sie – ebenfalls in enger Kooperation mit dem Dienstleister – detailliert den Nutzen und die Kosten des Vorhabens. Ist die Entscheidung für die weitere Entwicklung gefallen, binden die Wissenschaftler im dritten Schritt den Kunden des Dienstleisters mit ein, um eine Reihe von Designfragen zu klären. Insgesamt existieren bisher knapp 40 Designfragen, die konkret zu beantworten sind. Anschließend schreiben die Forscher die Spezifikation nieder, anhand derer sie die Dienstleistung umsetzen können.

Jeder der vier Handlungsschritte besteht wiederum aus acht Teilen. Hinter diesen liegen Methoden und Werkzeuge sowie Designfragen, etwa: Was erwartet der Kunde von der Dienstleistung? Welche Technologien sollen zum Einsatz kommen? Wie viel würde der Kunde für die Dienstleistung bezahlen? Die Forscher klären, ob es bereits Partiallösungen gibt und welche Technologien zur Verfügung stehen. Dabei verwenden sie unter anderem Basistechnologien, die bei Fraunhofer entwickelt werden. Weiterhin erstellen sie Technologieprognosen, prüfen die wirtschaftliche Machbarkeit und unterstützen all das mit Software.

Um Technologien in ihrer späteren Anwendung zu erproben und weiterzuentwickeln, können die Wissenschaftler künftig ein neuartiges Entwicklungszentrum nutzen: Das Test- und Anwendungszentrum L.I.N.K., das am 26. April vom IIS am Standort Nürnberg eröffnet wird. Auf 1400 Quadratmetern Hallenfläche finden sich Test- und Speziallabore. Zudem ermöglichen 10 000 Quadratmeter Freifläche und eine sichere Pkw-Fahrstrecke von 100 Metern Länge Tests im Außenbereich. Die Vielfalt der Technologien, die im L.I.N.K. getestet werden können, reicht von innovativen Fahrerassistenzsystemen über verschiedene Logistikanwendungen bis hin zu gängigen Ortungs- und Funktechnologien.



## Auch mit weniger Salz der volle Wurstgenuss

Die meisten Menschen essen zu viel Salz. Fünf bis sechs Gramm pro Tag sind vollkommen ausreichend. An der Tagesordnung ist jedoch oft die doppelte Menge. Großen Spielraum, den Salzkonsum selbst zu steuern, haben wir indes nicht: Denn das meiste Salz nehmen wir über bereits verarbeitete Lebensmittel zu uns – zum Beispiel über Brot, Käse oder Fleischerzeugnisse. Das Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV in Freising arbeitet an Wegen, den Salzgehalt in Lebensmitteln zu reduzieren, ohne dass dies auf Kosten des Geschmacks geht.

»Das meiste Salz, das wir verzehren, landet gar nicht auf unseren Geschmacksnerven. Es wird einfach runtergeschluckt«, erklärt Christian Zacherl vom IVV. Das wollte er gemeinsam mit seinen Kollegen vom Fraunhofer-Institut für Kurzezeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI in Freiburg verbessern. »Wir haben dafür ein computergestütztes Simulationsmodell entwickelt, das die Geschmacksfreisetzung von Lebensmitteln im Mund simuliert«, so Dr. Martin Steinhauser vom EMI. Mit der neuen Methode nahmen sie die Salzverteilung beim Kauen von Brühwurst unter die Lupe. Das Ergebnis: Die Anordnung der Salzanteile in Frankfurtern oder Lyonern beeinflusst den Salzgeschmack. »Je ungleichmäßiger das Salz in der Wurst verteilt ist, desto salziger schmeckt sie«, sagt Zacherl. Viele Wurstsorten könnten also ohne Geschmacksverlust auf Salz verzichten. Ihr Simulationsmodell wollen die Forscher weiter verfeinern, um in Zukunft maßgeschneiderte Rezepturen für gesunde Lebensmittel zu kreieren.

### **Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV**

Giggenhauser Straße 35 | 85354 Freising | [www.ivv.fraunhofer.de](http://www.ivv.fraunhofer.de)

**Kontakt:** Christian Zacherl | Telefon +49 8161 491-426 | [christian.zacherl@ivv.fraunhofer.de](mailto:christian.zacherl@ivv.fraunhofer.de)

**Presse:** Karin Agulla | Telefon +49 8161 491-120 | [karin.agulla@ivv.fraunhofer.de](mailto:karin.agulla@ivv.fraunhofer.de)

## Algen und Krebse im Schiffstank

Seit langem ist die Gefahr bekannt, dass Schiffe durch den Transport von Ballastwasser nichteinheimische Organismen in Ökosysteme einschleusen. Millionen Tonnen Wasser aus den Ballasttanks fließen jedes Jahr alleine in die Nord- und Ostsee – auf diesem Weg landen Algen, Muscheln und Krebse aus fremden Gewässern vor Sylt, Amrum oder Fehmarn. Die eingeschleppten Organismen verursachen große ökologische Schäden und Kosten in Milliardenhöhe. Um dies zu verhindern, hat die International Maritime Organization (IMO) bereits im Februar 2004 das »Internationale Übereinkommen zur Behandlung von Ballastwasser« verabschiedet, das jedoch bis heute nicht inkraftgetreten ist. Viele Reeder installieren daher nach wie vor kein Ballastwasser-Behandlungssystem (BWBS). Für Bewegung auf dem Markt sorgen nun die USA: Ab Dezember 2013 müssen die ersten Schiffe sicherstellen, dass sie keine nichteinheimischen Organismen in die Gewässer der USA einführen. Dies bedeutet, dass ein BWBS an Bord installiert sein muss, wenn ein nordamerikanischer Hafen angelaufen wird.

Derzeit sind zahlreiche BWBS unterschiedlicher Hersteller mit individuellen Stärken und Schwächen verfügbar. Deshalb wird es zunehmend schwieriger, den Überblick zu behalten und das optimale System für ein Schiff oder eine Flotte ausfindig zu machen. Das Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML in Hamburg unterstützt Reeder bei diesem Auswahlprozess. Durch Marktstudien und das Erstellen eines Anforderungsprofils identifiziert es die jeweils geeigneten Systeme. Aufbauend darauf erarbeitet das CML eine faktenbasierte Empfehlung für die Systemauswahl und ermöglicht es Reedern so, die bestmögliche Entscheidung zu treffen.

**Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML**

Schwarzenbergstraße 95D | 21073 Hamburg | [www.cml.fraunhofer.de](http://www.cml.fraunhofer.de)

**Kontakt:** Lutz Kretschmann | Telefon +49 40 42878-6118 | [lutz.kretschmann@cml.fraunhofer.de](mailto:lutz.kretschmann@cml.fraunhofer.de)

**Presse:** Claudia Bosse | Telefon +49 40 42878-4476 | [claudia.bosse@cml.fraunhofer.de](mailto:claudia.bosse@cml.fraunhofer.de)

## **Olivenabfall mehrfach nutzen**

Olivenöl ist lecker und gesund. Doch bei der Produktion fallen flüssige und feste Reststoffe an, die Polyphenole enthalten. Diese aromatischen Verbindungen sind zwar natürlichen Ursprungs, aber einer der Gründe, warum Abfälle aus der Olivenölindustrie eine erhebliche Umweltbelastung darstellen. Deshalb muss der Abfall aufwändig entsorgt werden. In dem von der EU geförderten Projekt »En-X-Olive« untersuchen Partner aus Forschung und Industrie, wie sich die Reste verwerten lassen. Die Idee ist es, zunächst verwertbare Substanzen zu extrahieren, um sie als natürliche Antioxidantien in der Kosmetik- oder Lebensmittelindustrie zu nutzen. Die übrige Biomasse soll energetisch verwertet werden. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart prüfen, ob sich die Abfälle zur Biogasgewinnung eignen. Erste Untersuchungen im Labormaßstab zeigen, dass sowohl die flüssigen als auch die festen Reststoffe wertvolle Energie liefern.

Die Reststoffe wurden nach einem am IGB entwickelten Verfahren vergoren, bei dem die Substrate in den Reaktoren während der Vergärung optimal durchmischt werden. Je nach Zusammensetzung der jeweiligen Abfallfraktion bildeten sich dabei aus festen Abfällen innerhalb von 20 bis 30 Tagen bis zu 720 Liter Biogas pro Kilogramm organischer Trockensubstanz. Bei den flüssigen Abfällen konnten die Forscher innerhalb von 10 Tagen 680 bis 980 Liter Biogas pro Kilogramm organischer Trockensubstanz nachweisen. Eine konventionelle Biogasanlage mit Maissilage liefert 680 Liter Biogas pro Kilogramm organischer Trockensubstanz. Sogar die Gärreste lassen sich nutzen – etwa als organische Düngemittel.

**Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB**

Nobelstr. 12 | 70569 Stuttgart | [www.igb.fraunhofer.de](http://www.igb.fraunhofer.de)

**Kontakt:** Prof. Dr. Dieter Bryniok | Telefon +49 711 970-4211 | [dieter.bryniok@igb.fraunhofer.de](mailto:dieter.bryniok@igb.fraunhofer.de)

**Presse:** Claudia Vorbeck | Telefon +49 711 970-4031 | [claudia.vorbeck@igb.fraunhofer.de](mailto:claudia.vorbeck@igb.fraunhofer.de)

---