weiter.vorn

Das Fraunhofer-Magazin 1/14

Sicher in der Wolke

Life Sciences
Neue Zutat für Reifen

Photonik
Lasertechnik macht Fliegen sicherer

Logistik
Frachter ohne Mannschaft

UMSICHT-Wissenschaftspreis

BIS 31.3.2014 BEWERBEN!
s.fhg.de/wissenschaftspreis-2014

Der UMSICHT-Wissenschaftspreis
zur Förderung industrienaher Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik und deren verständliche Darstellung in der Öffentlichkeit wird vom UMSICHT-Förderverein in der **Kategorie Wissenschaft und Journalismus** verliehen. Der Preis ist insgesamt mit **15 000 Euro** dotiert.

Skulptur gestaltet von Hans-Dieter Godolt

Der Preis steht unter der **Schirmherrschaft** von **Prof. Dietrich Grönemeyer**,
Vorstandsvorsitzender des Wissenschaftsforums Ruhr e. V. und Direktor des Grönemeyer Instituts für MikroTherapie.

Bewerbermanagement
UMSICHT-Förderverein
Osterfelder Straße 3 • 46047 Oberhausen

Sekretariat (vormittags)
Telefon 0208 8598-1152
wissenschaftspreis@umsicht.fraunhofer.de

www.umsicht-foerderverein.de

UMSICHT FÖRDERVEREIN
Verein zur Förderung
der Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik e.V.

Nachhaltig forschen

Prof. Dr. Reimund Neugebauer. © *Jörg Lange*

Gute Nachrichten: Trotz der Finanzkrise sind die Ausgaben für Forschung und Entwicklung weltweit auf ein Rekordhoch gestiegen. Knapp 640 Milliarden US-Dollar haben die 1000 forschungsintensivsten Unternehmen der Welt im Geschäftsjahr 2012 in diesen Bereich investiert. Zu diesem Ergebnis kommt die Strategieberatung Booz & Company in ihrer aktuellen Studie »Global Innovation 1000«, die vor wenigen Wochen vorgestellt wurde.

Rang eins belegt VW: Der deutsche Autohersteller hat mit 11,4 Milliarden US-Dollar am meisten Geld in Forschung und Entwicklung (FuE) investiert. Der südkoreanische Unterhaltungselektronikkonzern Samsung kam auf Ausgaben von 10,4 Milliarden US-Dollar. Auf Platz drei folgt das Schweizer Pharmaunternehmen Roche mit Investitionen in Höhe von 10,2 Milliarden US-Dollar. Unter den Top 50 konnten sich auch weitere deutsche Unternehmen wie zum Beispiel Daimler, Siemens, BMW und SAP platzieren. Insgesamt gehören mehr als 40 deutsche Konzerne zu der Liste der 1000 Unternehmen mit den höchsten Ausgaben.

Auch zu den »TOP 100 Global Innovators«, die Thomson Reuters ermittelt hat, gehören drei deutsche Firmen beziehungsweise Forschungsorganisationen. Es freut uns sehr, dass die Fraunhofer-Gesellschaft neben Siemens und Infineon Technologies unter die weltweit bedeutendsten Innovatoren gewählt wurde. Kriterien für die Auswahl waren, die weltweite Gesamtzahl von Patenten, die Erfolgsrate bei der Patenterteilung, ihr durch Zitate belegter Einfluss in der Wissenschaft sowie die Nutzung durch andere Unternehmen.

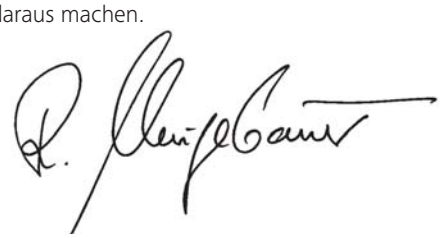
Deutschland ist eines der innovativsten Länder Europas. Ein wichtiger Grund liegt in dem intensiven Austausch von Wissenschaft und Wirtschaft. Doch um sich auch künftig weltweit behaupten zu können, muss sich die Wirtschaft mit kognitiven Innovationen einen Vorsprung erarbeiten. Das sind originelle und kreative Innovationen, die nicht so einfach aufgeholt sind. Die kognitive Innovation erfordert inter- und transdisziplinären Erkenntnisgewinn. Sie zeichnet sich durch eine Neukombination von Ideen und Technologien aus, welche auf Nachhaltigkeit ausgerichtet sind.

Die Treiber für kognitive Innovationen sind globale Herausforderungen, wie zum Beispiel die demographische Entwicklung, die knapper werdenden Ressourcen und der Umweltschutz. Für Industrienationen gilt: Künftig werden dort mehr ältere und weniger jüngere Menschen leben. Wir müssen deshalb nicht nur ältere Arbeiternehmerinnen und Arbeitnehmer stärker einbinden, sondern auch neue altersgerechte Produkte und Services entwickeln. Aber die demographische Entwicklung stellt uns noch vor eine weitere Herausforderung: Nach Schätzung der UN werden 2050 etwa 9,6 Milliarden Menschen auf der Welt leben. Für diese stetig wachsende Zahl von Konsumenten müssen mehr Produkte hergestellt werden – und dies mit zunehmend begrenzt verfügbaren und zugänglichen Ressourcen. Das ist nur möglich, wenn wir die Material- und Energie-Effizienz erheblich steigern. Wir müssen Rohstoffe effizienter und intelligenter nutzen, mehr recyceln und nach Alternativen forschen. Nur so lassen sich aus weniger Ressourcen mehr Produkte fertigen und die Belastung für die Umwelt maßgeblich senken.

Wie das gelingen kann, lesen Sie in dieser Ausgabe: Fraunhofer-Forscher haben Löwenzahnpflanzen gezüchtet, die besonders viel Naturkautschuk produzieren – eine alternative Rohstoffquelle für Kautschuk, der bislang über weite Transportwege teuer importiert werden muss. Gemeinsam mit dem Reifenhersteller Continental wird der Herstellungsprozess nun zur industriellen Reife geführt (Seite 36).

Deutschland konnte sich bei verschiedenen Rankings auf vorderen Rängen platzieren. Um diese Spitzenposition zu halten, brauchen wir künftig noch mehr kognitive Innovationen. Viele Beiträge in dieser Ausgabe zeugen von Ideenreichtum. Unser Ziel ist es aber, diese Ideen und Forschungsergebnisse noch effizienter und nachhaltiger umzusetzen. Wir wollen mehr daraus machen.

Ihr



08
Titelthema
Sicher in der Wolke
Cloud-Computing und Datensicherheit müssen kein Widerspruch sein.

20
Surround-Sound aus dem Smartphone
Eindrucksvolles Klangerlebnis auch für unterwegs.

24
Ruinen retten
Pompeji gehört zu den meistbesuchten antiken Stätten weltweit. Forscher wollen das Weltkulturerbe nachhaltig sichern.

38
Biomoleküle vom Band
Fraunhofer-Forscher arbeiten an der »Zellfreien Bioproduktion«.

52
Wärme aus der Konserve
Zeolith-Kügelchen können Wasserdampf in ihren Poren binden – dabei entsteht Wärme.

54
Zukunft zum Greifen nahe
In dem Projekt 3Dsensation arbeiten Forscher daran, die Mensch-Maschine-Interaktion zu verbessern.

Inhalt

06 Spektrum

27 International

41 Kompakt

46 Gründerwelt

47 Fraunhofer inside

58 Firmenportrait

62 Panorama

63 Personalien

63 Impressum

Titelthema

08 Sicher in der Wolke
Neue Systeme verhindern, dass Unberechtigte auf Daten in der Cloud zugreifen können.

Informationstechnologie

14 Smart Data
Intelligente Programme werten Daten aus und gewinnen kostbare Informationen.

16 Schiffe nach Maß
Virtuelle Realität erleichtert den Schiffbau.

18 Mit dem Auto um die Ecke gucken
Fahrzeuge der Zukunft nehmen Gefahren wahr, bevor man sie sieht.

20 Surround-Sound aus dem Smartphone
Die Software Cingo ermöglicht Raumklang auf mobilen Geräten.

Mikroelektronik

22 Per Funk erkannt – Gefahr gebannt
Transponder erhöhen die Sicherheit im Straßenverkehr.

Denkmalschutz

24 Ruinen retten
Wind und Wetter setzen Pompeji zu. Forscher wollen den Verfall verhindern.

Life Sciences

28 Von Schneealgen und Eisbären
Forschungsexpedition auf Spitzbergen.

32 Implantierter Infektionsschutz
Knochen-Implantate mit eingebautem Schutz vor Keimen.

34 Maßgeschneiderte Chemotherapie
Ein automatisiertes System ermittelt die individuell wirksamsten Medikamente gegen Krebs.

36 Neue Zutat für Reifen
Neugezüchtete Löwenzahnpflanzen sollen Naturkautschuk für die Reifenfertigung liefern.

38 Biomoleküle vom Band
Forscher arbeiten daran, Eiweiße im industriellen Maßstab ohne Zellen herzustellen.

Fotopreis

42 Perspektivenwechsel
Forschung im Bild – der »deutsche preis für wissenschaftsfotografie« wurde vergeben.

Photonik

48 Kontrolliert verdampft
Ultrakurzpulslaser – ein erfolgreiches Werkzeug der Serienproduktion.

50 Lasertechnik macht Fliegen sicherer
Neue Sensoren erkennen Gefahrenstoffe in der Kabinenluft.

Energie

52 Wärme aus der Konserve
Neue Speichertechniken für thermische Energie.

Forschungsprogramme

54 Zukunft zum Greifen nah
Das Programm Zwanzig20 fördert Kooperationen aus Wissenschaft und Wirtschaft.

Logistik

56 Frachter ohne Mannschaft
Forscher arbeiten an der Vision des autonomen Schiffs.

Roboter

60 Der VW-Bus für die Tiefsee
Robuste und flexible Unterwasserroboter fertigen.

Virtuelle Endlagerung

Die Suche nach einem geeigneten Endlager für radioaktive Abfälle ist eine wichtige Aufgabe der aktuellen deutschen Energiepolitik. Die Vielzahl und die Komplexität der in einem Endlager ablaufenden physikalischen Prozesse sowie die langen zu betrachtenden Zeiträume stellen dabei die größten Herausforderungen dar.

Endlagerforscher untersuchen das physikalische Verhalten unterschiedlicher Materialien in Untertagelaboren in Frankreich, Belgien und der Schweiz unter natürlichen Bedingungen. Nun haben Wissenschaftler zusätzlich die Möglichkeit, mithilfe von digitalen Endlagermodellen virtuelle Experimente durchzuführen. Für die Forschung ist das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderte Projekt VIRTUS auch deshalb interessant, weil sich komplexe Wechselwirkungen dabei nicht nur detailliert untersuchen, sondern damit auch visuell anschaulich darstellen lassen. Die entstehenden virtuellen Modelle ermöglichen es zudem auch Laien, die abstrakten wissenschaftlichen Zusammenhänge nachzuvollziehen, und können somit Transparenz und Akzeptanz in der Bevölkerung bei der Endlagersuche verbessern.

Vier Forschungsinstitutionen arbeiten in diesem Projekt zusammen: die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), die DBE TECHNOLOGY GmbH und das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF. Mit seiner Expertise im Digital Engineering entwickelt das IFF Verfahren zur Vorbereitung der numerischen Simulationen und zur interaktiven dreidimensionalen Darstellung der Ergebnisse.

Virtuelles Modell eines Untertagelabors in einer 360-Grad-Darstellung im Fraunhofer IFF. © *Dirk Mahler*

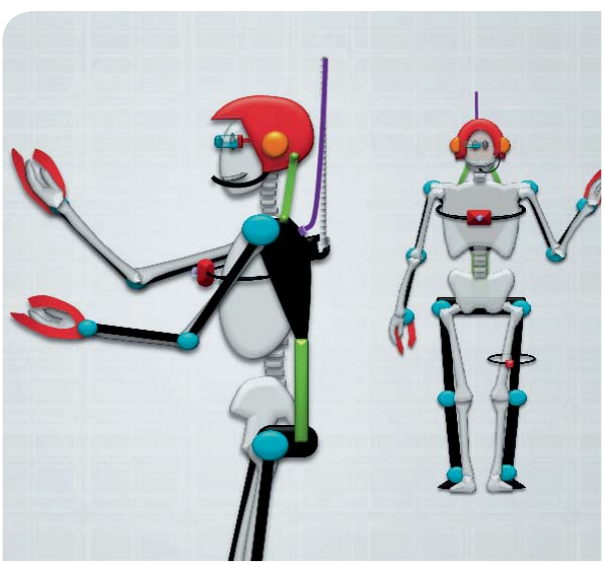
Geschickt und robust

Viele manuelle Arbeitsschritte in industriellen Produktionsprozessen sind so komplex, dass man sie schwierig automatisieren kann. So auch in den Bereichen Montage und Demontage der Automobil- oder Lebensmittelindustrie. Manuelle Arbeiten in diesem Umfeld führen jedoch häufig zu gravierenden Verletzungen. Laut Work Foundation Alliance (Lancaster, UK) leiden 44 Millionen Arbeiterinnen und Arbeiter in der Europäischen Union an berufsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen.

Im Projekt »Robo-Mate« beschäftigen sich zwölf Partner aus sieben europäischen Ländern mit der Entwicklung eines intelligenten, einfach zu bewegenden und tragbaren Außenskeletts für manuelle Arbeitsschritte. Der Mensch schlüpft in das zusätzliche Skelett und kann somit sein eigenes Geschick mit den Stärken der Technik vereinen. Ziele des Projekts: Arbeitsbedingungen im industriellen Umfeld verbessern und das Heben schwerer Lasten erleichtern, Arbeitsunfälle und Erkrankungen reduzieren sowie Produktivität und Produktqualität steigern.

Forscher vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO simulieren zunächst die Funktion des Außenskeletts in einer virtuellen Fabrikumgebung. Der französische Projektpartner Indra SAS aus der Fahrzeugentsorgungs-Branche und der rumänische Automobilzulieferer Compa S.A. entwickeln daraufhin Szenarien aus der Automontage und setzen diese in ihren Fertigungsanlagen um. Das Forschungszentrum des italienischen Automobilherstellers Fiat nimmt Labortests und Systembewertungen vor. Das dreijährige Projekt wird durch das Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union mit ca. 4,5 Millionen Euro gefördert.

Ein intelligentes, tragbares Exoskelett soll Arbeiten sicherer und produktiver machen. © *CRF (Centro Ricerche Fiat)*



Der sechste Sinn

Ohne ständige Überwachung des Luftraums könnte kein Flugzeug sicher starten, fliegen oder landen. Im Tower oder in den Kontrollzentralen managen Fluglotsen hochkonzentriert den Luftverkehr. Sie tragen höchste Verantwortung, denn sie weisen den Piloten den Weg. Alleine in Deutschland koordinieren die Lotsen drei Millionen Flugbewegungen im Jahr. Mit steigender Tendenz.

Forscher von Fraunhofer Austria entwickeln neue Assistenzsysteme und Eingabegeräte, damit Fluglotsen auch in besonderen Stresssituationen schnell die richtige Entscheidung treffen. Unterstützt werden die Wissenschaftler von ihrem Projektpartner Frequentis. Die Wiener sind Weltmarktführer in der Flugsicherungs-Kommunikation und haben mit dem Framework iCWP eine Softwareplattform geschaffen, die es ermöglicht, Arbeitsplätze an die Bedürfnisse der Fluglotsen anzupassen. Denn die Lotsen sollen mithilfe der Technik so sicher und entspannt arbeiten, als hätten sie einen sechsten Sinn für den Luftverkehr entwickelt. Ziel der Forscher ist ein intelligenter Arbeitsplatz, der auf Sprachbefehle reagiert, Gesten erkennt und durch Erfassen der Blickrichtung dem Fluglotsen jene Informationen hervorhebt, die er gerade benötigt. Das Projekt »6th Sense« wird im Zusammenhang mit den Forschungen zur Vereinheitlichung der europäischen Flugsicherung (SESAR) von der EU und der Europäischen Flugsicherungsbehörde Eurocontrol finanziert.

Fluglotsen sind ständig hochkonzentriert. Eine intelligente Umgebung unterstützt sie bei ihrer verantwortungsvollen Tätigkeit. © *MEV*

Vor Korrosion schützen

Innenbeschichtungen von Erdölförderanlagen sind vielfältigen Beanspruchungen ausgesetzt: Aggressive Chemikalien, hohe Temperaturen und Drücke sowie Sand- und Gesteinspartikel setzen den Behälterwänden zu. Da Schädigungen in der Oberfläche bereits nach kurzer Zeit zur Korrosion der verbauten Stähle führen, müssen die Beschichtungen in Tanks, Separatoren und Pipelines regelmäßig erneuert werden. Doch nicht alle Schichten sind gleich gut geeignet. Bislang fehlt den Anlagenbetreibern eine systematische Basis, um die auf dem Markt verfügbaren Materialien vergleichend bewerten zu können.

In einem von der Deutschen Wissenschaftlichen Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle (DGMK) geförderten Projekt haben Forscher vom Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg ein Testprogramm zur Korrosionsbeständigkeit von Innenbeschichtungs-Systemen für petrochemische Anlagen erarbeitet. Sie bilden in maßgeschneiderten Auslagerungsversuchen die Einsatzbedingungen realitätsnah ab. Berücksichtigt wird beispielsweise auch das oft mit dem Rohöl zusammen geförderte, salzhaltige Lagerstättenwasser, das Behälterwände stark beansprucht. Beschichtungen, die mit diesem Öl-Wasser-Gemisch in Berührung kommen, brauchen eine hohe chemische Beständigkeit und gute Barriereeigenschaften, um die darunter liegenden Stahloberflächen vor Korrosion schützen zu können. Einen großen Einfluss auf die Materialien hat auch der Temperaturunterschied von Vorder- und Rückseite der Beschichtung (»cold wall effect«). Mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen können Anlagenbetreiber künftig wesentlich besser geeignete Schichtmaterialien auswählen.

Durchgefallen beim Fitness-Test! Begutachtung der entnommenen Schichtprobe nach einem Beständigkeitstest. © *Fraunhofer IWM*

Sicher in der Wolke

Rechenkapazität, Speicherplatz oder Software einfach nach Bedarf über das Internet als Dienst nutzen – Cloud-Computing macht es möglich und hilft so, die IT-Kosten zu senken. Trotz dieser Vorteile stehen viele Firmen dem Auslagern von Daten in externe Rechenzentren skeptisch gegenüber. Sie fürchten – insbesondere nach dem NSA-Skandal –, dass Unberechtigte auf sensible Unternehmensinformationen zugreifen können. Fraunhofer-Forscher arbeiten an Lösungen, um das Rechnen in der Wolke sicherer zu machen.

Text: Birgit Niesing

Cloud Computing ist praktisch: Firmen können Speicherkapazitäten, Rechenleistung oder Programme flexibel als Service über das Internet mieten. Das ermöglicht es den Unternehmen, schnell auf veränderte Kundenwünsche oder Marktsituationen zu reagieren. Die Informationstechnik lässt sich einfach und kostengünstig an den jeweiligen Bedarf anpassen (siehe Kasten S. 11).

Diese Vorteile überzeugen auch immer mehr Firmen. Allein in Deutschland nutzten 2012 bereits 37 Prozent aller Unternehmen Cloud Computing. So die Ergebnisse des »Cloud Monitors 2013« von BITKOM und der Wirtschaftsprüfungs- und Beratungsgesellschaft KPMG. Bei Großunternehmen (mehr als 2000 Mitarbeiter) lag der Anteil sogar bei 65 Prozent. Die Experten gehen davon aus, dass der Markt für Cloud Computing 2013 voraussichtlich um 47 Prozent auf 7,8 Milliarden Euro wachsen wird.

Angst vor Datenklau

Doch die Studie macht auch Vorbehalte gegenüber dem Rechnen in der Wolke deutlich. Ein Großteil der Unternehmen setzt auf interne Lösungen (Private Cloud). Der Grund: Sie wollen wichtige Firmendaten nicht extern lagern. Nur etwa zehn Prozent der Firmen nutzen Angebote von frei zugänglichen Providern (Public Cloud). Die Gründe für diese Zurückhaltung sind: die Angst vor Daten- und auch IT-Kompetenzverlust, unsichere Rechtslage (Compliance) sowie fehlende Integrationsfähigkeit. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch die Studie »Cloud Computing in Deutschland 2013« des Marktforschungsunternehmens IDC. Auch in dieser Untersuchung stuften die befragten Unternehmen die Sicherheit als größte Herausforderung ein.

Und dabei waren die Studien bereits abgeschlossen, bevor der Prism- bzw. NSA-Skandal bekannt wurde. Mittlerweile sind die Unternehmen noch skeptischer – insbesondere Cloud-Angeboten aus den USA gegenüber. Die Information Technology & Innovation Foundation (ITIF) erwartet, dass die amerikanischen Anbieter in den kommenden drei Jahren bis zu 35 Milliarden US-Dollar weniger Umsatz als erwartet machen werden. Das eröffnet deutschen und europäischen Dienstleistern neue Möglichkeiten. Insbesondere Cloud-Lösungen »Made in Germany« sind sehr gefragt. Ein erfolgreicher deutscher Anbieter ist der Softwarehersteller SAP. Das Unternehmen stellt Firmen Anwendungen »on Demand« bereit. Mittlerweile nutzen etwa 30 Millionen Kunden die SAP-Datenwolke.

Wie wichtig Zuverlässigkeit, Sicherheit, Verfügbarkeit und Datenschutz für das Cloud Computing sind, hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) schon früh erkannt. 2010 startete das Ministerium den Technologiewettbewerb »Trusted Cloud« mit dem Ziel, sichere und rechtskonforme Lösungen zu entwickeln und zu erproben. Aus insgesamt 116 Projektvorschlägen hat eine unabhängige Expertenjury die 14 erfolgversprechendsten Projekte ermittelt – darunter zahlreiche Vorhaben mit Fraunhofer-Beteiligung. Das Gesamt-Budget beträgt etwa 100 Millionen Euro, das Ministerium stellt 50 Millionen Euro bereit.

Doch wie lassen sich Daten in öffentlichen Clouds sicher speichern? Wie kann man verhindern, dass zum Beispiel der Provider Zugang zu sensiblen Informationen erhält? Forscher des Fraunhofer-Instituts für Angewandte und Integrierte Sicherheit AISEC haben zusammen mit ihren Kollegen von der Uniscon GmbH und der SecureNet GmbH eine besonders »versiegelte« IT-Infrastruktur entwickelt, die Sealed Cloud. Dabei verhindert ein ganzes System von Sicherheitsvorkehrungen, dass Unbefugte auf die Daten zugreifen können. »Es werden nicht nur alle Daten verschlüsselt, sondern auch die Zugänge zu den Servern durch technische und elektromechanische Systeme geschützt«, erläutert Mario Hoffmann die Besonderheit des Systems. Er leitet den Bereich Service & Application Security am AISEC in Garching bei München.

Server »versiegeln«

Bislang haben der Betreiber des Cloud-Dienstes und seine Mitarbeiter meist uneingeschränkten Zugriff auf die technische Infrastruktur und damit auf alle dort gespeicherten Informationen. Anders bei der Sealed Cloud: Hier ist jeder einzelne Anwendungsserver sowohl technisch als auch organisatorisch gesichert. Er befindet sich verschlossen in einem Schrank (Rack). Müssen die Server gewartet werden, verschiebt das System zunächst alle Informationen aus dem Daten- und Arbeitsspeicher auf andere, sichere Rechner. Erst dann erhält der Administrator einen elektronischen Schlüssel (Token) mit dem er das Rack öffnen kann. Nach Abschluss der Reparaturen wird der Schrank wieder abgeschlossen und das System von zentraler Stelle hochgefahren. Dabei prüft eine automatisch gestartete Routine, ob alle eingespielten Daten und Programme den freigegebenen, zertifizierten Versionen entsprechen.

Eine wichtige Komponente ist der Cloud-Dienst »Secure Data Store« (SDS as a Service). Er ermöglicht die vertrauenswürdige Verwaltung verteilter, prozessrelevanter Daten. Basis des SDS ist eine Datenbank zur Speicherung sowohl von Informationen als auch von Verweisen auf externe Quellen. Wollen berechtigte Nutzer auf die Daten zugreifen, wird während des Anmeldevorgangs ein individueller Schlüssel aus den Login-Informationen wie zum Beispiel User-Name und Passwort generiert. Mit diesem Schlüssel kann der Nutzer die Anwendungsdaten finden, entschlüsseln und bearbeiten. Nach dem Abmelden werden die Daten wieder chiffriert und gespeichert.

Der Datentransfer vom Anwender zum SDS erfolgt über einen sicheren Kanal und jeweils erst, nachdem die Daten auf dem Endgerät des Anwenders verschlüsselt wurden. So können auch während der Datenübertragung keine unautorisierten Parteien auf die Informationen zugreifen. »Die Sealed Cloud kombiniert die ökonomischen Vorteile einer über das Internet nutzbaren Public Cloud mit der Sicherheit einer abgeschotteten Private Cloud«, fasst Mario Hoffmann die Vorteile dieser Lösung zusammen.

Vertrauenswürdige Identitäten

Über Smartphones, Tablet-PCs oder Netbooks greifen Mitarbeiter auch von unterwegs auf Unternehmensdaten zu. Das macht die Arbeit flexibel und mobil. Allerdings können sich Unbefugte durch Diebstahl die Zugangsdaten verschaffen und so unerlaubt sensible Daten lesen. Um dies zu verhindern müssen in der Cloud starke, auf mehreren Faktoren basierende Authentisierungsmechanismen eingesetzt werden. Das Projekt SkIDentity nutzt sichere elektronische Ausweise (eID) wie zum Beispiel den neuen Personalausweis, die elektronische Gesundheitskarte, Bankkarten oder Mitarbeiterausweise für das Cloud-Computing. Ziel ist es, vertrauenswürdige Identitäten bereitzustellen und dadurch alle Arten von Geschäftsprozessen für Konsumenten und Unternehmen besser abzusichern. Daran arbeiten unter anderem Forscher von den Fraunhofer-Instituten für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart und für Graphische Datenverarbeitung IGD in Darmstadt.

Doch die mobile Kommunikation birgt noch weitere Risiken. Hackerangriffe, Daten-Lecks und Spionageattacken zeigen, dass es gerade beim Versenden und Empfangen zwischen Arbeitsplatz und Cloud, zwischen Unternehmens-Server und Tablet oder zwischen Smartphone und Smartphone oft an einem zuverlässigen Datenschutz mangelt. Die Experten für sichere Kommunikationsarchitekturen des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB in Karlsruhe arbeiten an einer hochsicheren Kommunikationslösung. Eine abgeschirmte Datenautobahn gewährleistet ein kleines Extragerät, genannt »CyphWay«. Das System ist modular aufgebaut. Ein Modul ver- und entschlüsselt die Daten. Ein weiteres sorgt für die sichere Verbindung zwischen dem Extragerät und der genutzten Kommunikationshardware.

Um die Nutzung sensibler Daten lückenlos zu kontrollieren, entwickeln Forscher des Fraunhofer-Instituts für Experimentelles Software Engineering IESE ein Softwaresystem zur Kontrolle der Datennutzung. Damit bleibt der Absender künftig auch Herr seiner Daten, nachdem er sie »aus der Hand« gegeben

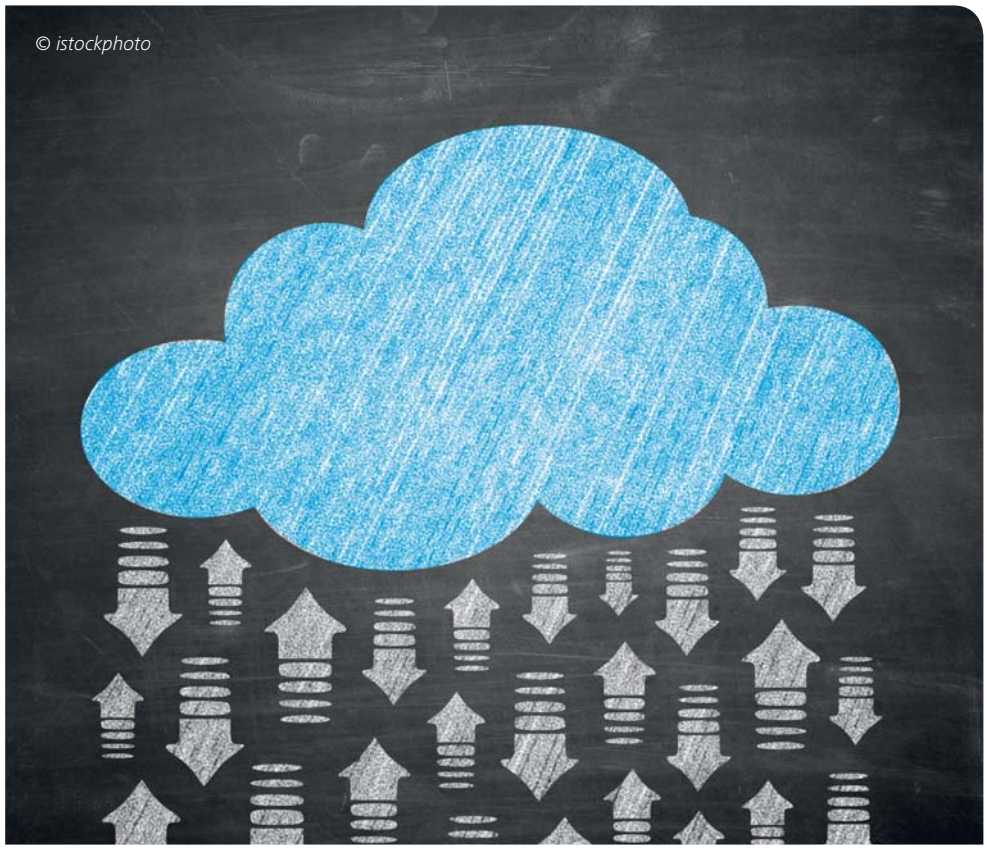
Rechnen in der Wolke

Beim Cloud Computing werden IT-Dienste an externe Anbieter ausgelagert. Man mietet einfach Rechenkapazität, Datenspeicher, Netzwerkkapazitäten (Infrastructure-as-a-Service), Plattformen mit Mehrwertdiensten wie Sicherheitslösungen und Abrechnungsdiensten (Platform-as-a-servive) oder nutzt Programme (Software-as-a-Service). Dabei unterscheidet man verschiedene Arten der Cloud. Besonders verbreitet sind Private Clouds. Dabei setzen Rechenzentren in Unternehmen Konzepte und Technologien des Rechnens in der Wolke für ihre interne IT-Infrastruktur ein. Der Vorteil: Die Daten bleiben in der Firma.

© shutterstock

© istockphoto

Die Public Cloud oder öffentliche Cloud ist ein Angebot eines frei zugänglichen Providers, der seine Dienste über das Internet für jedermann zugänglich macht. Kunden können je nach Bedarf die benötigte IT-Infrastruktur und Software mieten. Das spart Kosten. Allerdings werden die Daten extern gespeichert.


© istockphoto

Fraunhofer-Allianz Cloud Computing

Cloud-Computing und Virtualisierung gehören zu den wichtigsten IT-Trends. Allerdings sind die Technologien noch recht jung, und es gibt viel Beratungs- und Entwicklungsbedarf – insbesondere in Fragen der Sicherheit, Compliance, Verfügbarkeit und zum Datenschutz. In der Fraunhofer-Allianz Cloud Computing haben sich acht Institute zusammengeschlossen, um die effiziente Nutzung von Cloud-Services in kommerziellen Anwendungen voranzutreiben.

www.cloud.fraunhofer.de

hat. Mit »IND²UCE« (Integrated Distributed Data Usage Control Enforcement)« lässt sich bestimmen, wie und mit welchen Rechten und Einschränkungen Daten weitergegeben und genutzt werden können. Solche Richtlinien legen fest, wer ein Dokument empfangen darf, welche Verarbeitung erlaubt ist, wie oft sich ein Dokument öffnen lässt oder, wann es auf dem System des Empfängers automatisch gelöscht wird.

Cloud Computing birgt aber nicht nur Gefahren. Es kann Unternehmen auch helfen, Daten besonders zuverlässig zu sichern. Über die Cloud erhalten Firmen ein professionelles Back-up. Die Daten werden in den Rechenzentren des Anbieters abgelegt, der für die nötige Redundanz, physische Sicherheit, geschultes Personal und Hochverfügbarkeit sorgt.

Fileserver mit Cloud-Anschluss

Dennoch nutzen erst wenige Firmen diesen Service. Ein Grund für die Zurückhaltung: Die Unternehmer wollen sich nicht von einem Cloud-Anbieter abhängig machen (Provider-Lock-In). Derzeit ist der Umzug der gespeicherten Daten aufwändig. Die unterschiedlichen Dienstleister haben meist eigene Schnittstellen. Hier setzen die Arbeiten des Fraunhofer-Instituts für Sichere Informationstechnologie SIT in Darmstadt an. Mit OmniCloud haben die Forscher eine Art Fileserver entwickelt, der den problemlosen Zugang zu jedem Cloud-Anbieter ermöglicht. Das System hat 2012 den renommierten deutschen IT-Sicherheitspreis (Platz 1) der Horst Görtz Stiftung gewonnen. Es kennt die unterschiedlichen Programmierschnittstellen der Dienstleister und bietet einen »Umzugsdienst«. So lassen sich die Daten bei Bedarf einfach und schnell zu einem neuen Speicherdienst verlagern. Das System verbindet beliebige Anwendungs- und Backup-Software mit beliebigen Anbietern.

Weiterer Vorteil: OmniCloud verschlüsselt alle Dateien lokal bevor sie das Unternehmensnetzwerk verlassen und zum Cloud-Speicher transferiert werden. »So bleiben die Unternehmensdaten vertraulich, unabhängig davon, welche Sicherheitsmechanismen der genutzte Speicheranbieter bereitstellt«, betont Michael Herfert, Leiter der Abteilung »Cloud, Identity and Privacy« am SIT. Das System chiffriert jede Datei mit einem separaten Schlüssel. Zusätzlich zu den eigentlichen Dateiinhalten werden auch alle Dateinamen und Verzeichnisstrukturen unkenntlich gemacht. Mit Hilfe eines Kontrollmechanismus für Zugriffe lässt sich genau festgelegen, welche Benutzer auf welche Dateien zugreifen können.

Das Rechnen in der Wolke eröffnet Verwaltungen und Behörden neue Möglichkeiten. Ein Beispiel: Der Umzug lässt sich künftig mithilfe der eID-Funktion des neuen Personalausweises einfach per Rechner ans Amt melden. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Offene Kommunikationssysteme FOKUS in Berlin arbeiten in dem Projekt »goBerlin« an einem auf Cloud-Technologien basierenden sicheren und vertrauenswürdigen Dienste-Marktplatz für Bürger, Wirtschaft und Verwaltung. FOKUS koordiniert auch das EU-Projekt »Cloudfor-Europe«. Ziel ist es, das Vertrauen in europäisches Cloud Computing zu stärken und einen europäischen Binnenmarkt zu schaffen. Die EU stellt zehn Millionen Euro für vorwettbewerbliche Ausschreibungen zur Verfügung, um die Anforderungen des öffentlichen Sektors klar herauszuarbeiten und insbesondere kleine und mittelständische Cloud-Anbieter in Europa zu fördern.

Cloud-Dienste bieten auch den öffentlichen Verwaltungen, Schulen und Berufskollegs viele Chancen. Sie ermöglichen die vernetzte und flexible Zusammenarbeit, selbst wenn die Kollegen an mehreren verschiedenen Standorten arbeiten. Über die Datenwolke lassen sich zentrale Programme als Software-as-a-Service gemeinsam nutzen. Doch viele öffentliche Einrichtungen und Mittelständler wagen noch nicht den Schritt in die Cloud. Sie haben Angst, sich von einem bestimmten Anbieter abhängig zu machen und fürchten um die Sicherheit ihrer Daten. Zudem können sie nicht einschätzen, ob Gesetze, Richtlinien und Datenschutzvorgaben eingehalten werden. Das Projekt CloudCycle will diesen Bedenken begegnen und sichere und kostengünstige Cloud-Dienste für Behörden, Verwaltungen sowie kleine und mittlere Firmen möglich machen. Daran arbeiten Experten vom Fraunhofer-SIT, von IBM Deutschland Research and Development, von der Kommunalen Informationsverarbeitung Baden-Franken und von der Universität Stuttgart. Die Idee: Das System soll künftig den gesamten Lebenszyklus eines Cloud-Dienstes unterstützen: von der Modellierung eines Dienstes, über den Betrieb auf einer Cloud-Plattform und die mögliche Migration auf eine andere Plattform bis hin zur Entsorgung.

Doch damit Unternehmen und Behörden überhaupt auf die Dienste und Daten in der Cloud zugreifen können, werden hochverfügbare und sichere Netze benötigt. Technische Probleme oder gezielte Angriffe können jedoch den Zugang verhindern. Mittlerweile gibt es fast wöchentlich neue Berichte über Bedrohungen im Netz – von DoS-Attacken (Denial of Service, Dienstverweigerung) über Spähsoftware bis zu gekaperten Rechnern in Botnetzen. Wie verwundbar moderne Gesellschaften und die Wirtschaft durch ihre Verflechtung mit dem Internet geworden sind, zeigte sich 2007 in Estland. Damals musste das gesamte Internet des Landes wegen eines Hackerangriffs buchstäblich ausgeschaltet werden. Weite Teile des öffentlichen Lebens kamen zum Erliegen. Es werden neue Konzepte benötigt, damit sich ein Notbetrieb aufrechterhalten lässt und die Nutzer auch bei eingeschränkter Nutzbarkeit weiterarbeiten können.

»Der Cyberspace erfordert eigene Verteidigungsstrategien«, betont Dr. Jens Tölle vom Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE in Wachtberg bei Bonn. Forscher des FKIE entwickeln im »Cyber Defense Lab« solche Strategien. »Dabei gilt es, mit dem rasanten Fortschritt der Netzinfrastrukturtechnologien und der gleichzeitigen Diversifizierung des Bedrohungspotenzials Schritt zu halten: (D)DoS-Angriffe, zielgerichteter Informationsabfluss, Manipulation von Industriesteuerungsanlagen und gezieltes Ausspionieren von Nutzern sind einige der Risiken, gegen die man sich schützen muss«, sagt der Experte.

Damit die Nutzer sich auch in der Cloud nicht nur auf Sicherheitsmaßnahmen des Anbieters verlassen müssen, arbeiten Forscher der Usable Cyber-Security-Gruppe des FKIE an neuen Methoden zur sicheren Speicherung von Daten in der Datenwolke. Existierende Ansätze zur Datenverschlüsselung – wie zum Beispiel Box-Cryptor oder Wuala – bieten keine geeignete Prozessintegration für Unternehmen. Zudem lassen sich die Produkte nur eingeschränkt verwenden und haben begrenzte Funktionen. Ähnliches gilt für Sicherheitsmechanismen von großen, oft US-amerikanischen Cloud-Anbietern wie zum Beispiel Amazon. »Bisher sind Kunden daran gebunden, vorhandene Mechanismen so zu nutzen, wie sie angeboten werden oder eigene Verschlüsselungs-Mechanismen selbst nachzurüsten, sofern sie über das nötige Expertenwissen verfügen«, sagt Dr. Matthew Smith, neuberufener Professor für Usable Security and Privacy an der Uni Bonn. Um hier Abhilfe zu schaffen, haben FKIE-Forscher eine innovative Trennung von Sicherheitsanbieter und Ressourcenanbieter entwickelt. Dafür kombinieren sie Techniken aus der IT-Sicherheit mit dem Security-as-a-Service-Dienst Paradigma (SecaaS). Das ermöglicht Unternehmen eine kollaborative Datenspeicherung.

Erfolgreich in der Cloud

Das Rechnen in der Wolke rechnet sich: Unternehmen, die konsequent auf Cloud Computing setzen, wachsen etwa doppelt so schnell und erzielen einen fast 2,5 Mal höheren Bruttogewinn als Wettbewerber ohne Cloud. Das zeigt eine vergleichende Studie des IBM Center for Applied Insights aus dem Jahr 2013. Damit künftig noch mehr Unternehmen, Behörden und öffentliche Einrichtungen Cloud Computing nutzen und von den Vorteilen profitieren können, gilt es Zuverlässigkeit, Sicherheit, Verfügbarkeit und Datenschutz zu gewährleisten. ■

www.fraunhofer.de/audio

Smart Data

Je digitaler unser Leben wird, desto mehr Daten produzieren wir auch. Doch wie lassen sich diese riesigen Mengen nutzen? Intelligente Programme werten die Datenberge aus und gewinnen daraus kostbare Informationen. So kann man zum Beispiel Kreditkartenbetrügern auf die Spur kommen.

Text: Birgit Niesing

Big Data

Bei Big Data werden riesige Datenmengen unterschiedlichster Art zusammengefasst und analysiert. Die Informationen können aus E-Mails, Texten im Internet, Kommentaren in sozialen Netzen wie Facebook, LinkedIn oder Google+, Videos, Bildern, Musikdateien oder gar aus Messwerten stammen. Dabei geht es darum, Muster zu erkennen. Mit klassischen Datenbanken und Analysewerkzeugen lassen sich solche großen und unstrukturierten Datenmengen jedoch nicht auswerten. Neue Methoden und Prozesse aus dem Data Mining sollen die Datenberge handhabbar und produktiv nutzbar machen. Ziel ist es, die gewonnen Informationen wirtschaftlich zu nutzen.

Smartphones, Tablet-PCs, soziale Netzwerke, Funketiketten, vernetzte Geräte wie Stromzähler, Sensoren, Überwachungskameras oder Autos mit Navigationssystemen – das Internet der Dinge erzeugt eine unvorstellbare Flut an Daten. Der Speicherspezialist EMC schätzt, dass allein im Jahr 2012 das produzierte Datenvolumen mehr als 2,8 Zettabyte betrug. (Ein Zettabyte: Das ist eine Eins mit 21 Nullen). Tendenz weiter steigend: Nach aktuellen Berechnungen verdoppelt sich das weltweite Datenvolumen alle zwei Jahre.

In den riesigen Datenbergen, die täglich in Unternehmen, Fabriken oder Haushalten anfallen, schlummert ein großes Potenzial. Doch bislang wird es kaum geborgen. »Die Information ist das Öl des 21. Jahrhunderts, und Analytics der Ver-

Banken und Zahlungsabwickler setzen bereits auf Big Data. Täglich werden Millionen von Finanztransaktionen über Kreditkarten abgewickelt. © *Fraunhofer IAIS*

brennungsmotor, der damit läuft«. So beschreibt Peter Sondergaard, Senior Vice President von Gartner, die Herausforderung im Umgang mit Big Data. Den Rohstoff Information aus den gewaltigen Datenmengen zu extrahieren und zu verarbeiten sei eine der künftigen Kernaufgaben für Unternehmen.

Internet-Firmen wie Google, Yahoo, Twitter oder Facebook nutzen schon seit Jahren ausgeklügelte Programme und Techniken, um die eigenen Daten zu durchforsten und die Ergebnisse sinnvoll für sich zu nutzen. Rechnercluster, neuartige Datenbanken und skalierbar verteilte Verarbeitung – mithilfe dieser neuen Technologien lassen sich unterschiedlichste Daten in großen Mengen in kürzester Zeit auswerten. Algorithmen finden Zusammenhänge in den auf den ersten Blick wenig verbundenen Daten und erkennen Muster.

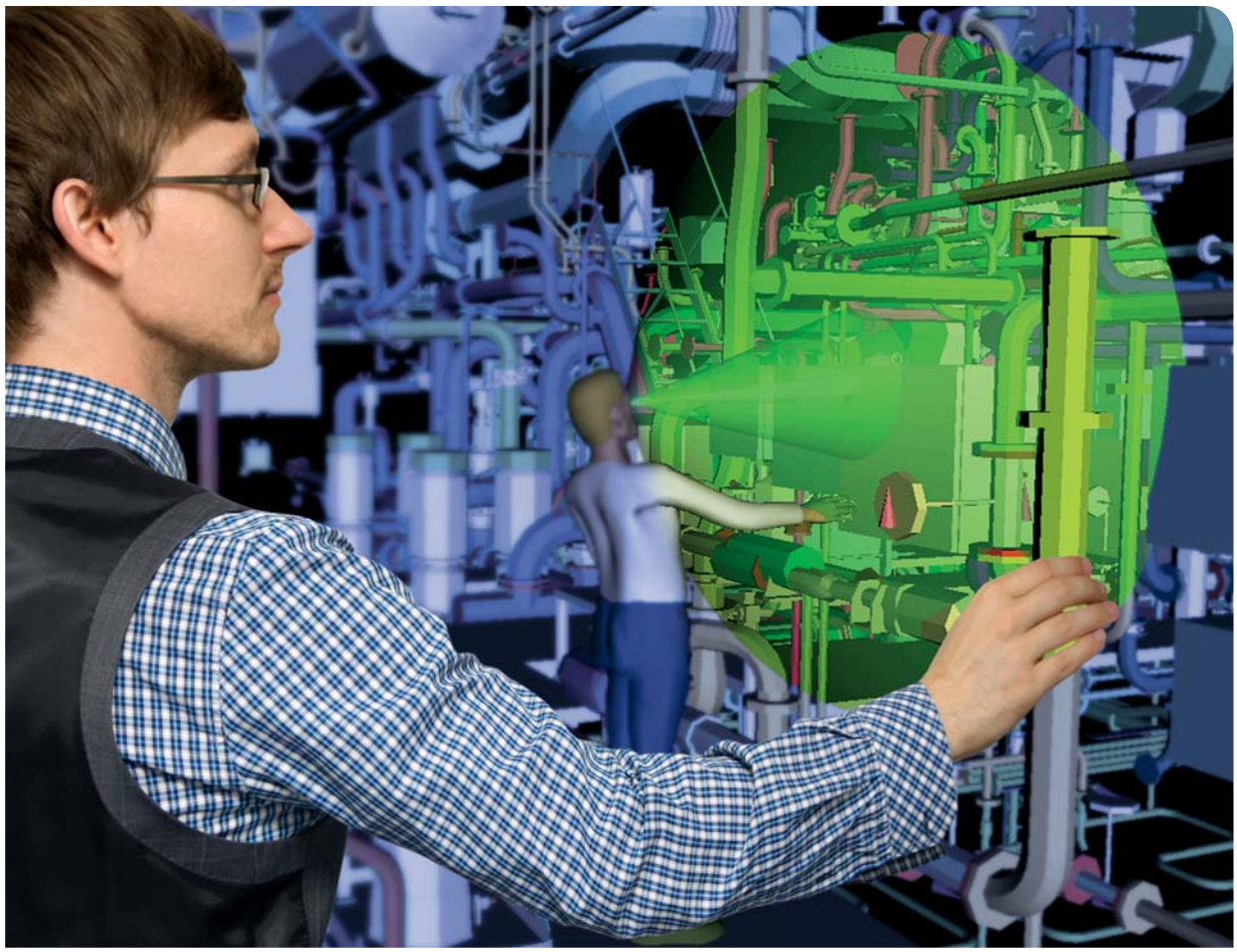
Doch auch andere Branchen können kostbare Informationen in ihren Daten entdecken und wirtschaftlich verwerten. Allerdings nutzen deutsche Firmen erst zögerlich die neuen Technologien. Welche Chancen Big Data Unternehmen bietet, zeigt eine Studie des Fraunhofer-Instituts für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS in Sankt Augustin bei Bonn. »Big Data ermöglicht eine effizientere Unternehmensführung«, erläutert Professor Stefan Wrobel, Leiter des IAIS, ein zentrales Ergebnis der Untersuchung. So lassen sich etwa im Einzelhandel genauere Prognosen treffen, wann welches Produkt verkauft wird und nachbestellt werden muss. Oder Energieerzeuger können besser abschätzen, wie viel Strom wann benötigt wird. Zudem lassen sich Dienstleistungen künftig maßgeschneiderter anbieten – Stichwort Massenindividualisierung. Weiterer Vorteil: Big Data ermöglicht intelligentere Produkte. Schon heute verfügen viele Maschinen und Anlagen über Sensoren, die beispielsweise über den Wartungszustand Auskunft geben. In Zukunft könnten die Maschinen selbst mit Big-Data-Intelligenz ausgestattet werden, um die Sensordaten direkt zu verarbeiten und damit zu lernen, sich zum Beispiel auf Lastspitzen einzustellen oder gar, sich selbst zu reparieren.

www.bigdata.fraunhofer.de

Um das Thema Big Data in Deutschland voranzubringen, hat Fraunhofer eine Big Data-Initiative gegründet. Darin bündeln 21 Institute ihr branchenübergreifendes Know-how. Die Fraunhofer-Experten unterstützen die Unternehmen nicht nur bei der Entwicklung von marktgerechten Big-Data-Lösungen, sondern bieten auch die Qualifizierung von Nachwuchskräften zu Data Scientists an.

Erste deutsche Unternehmen setzen bereits auf Big Data. Beispiele sind Banken und Zahlungsabwickler. Täglich werden Millionen von Finanztransaktionen über Kreditkarten getätigt. Allerdings häufen sich Missbrauchsfälle. Forscher des IAIS haben gemeinsam mit der Firma PAYMINT das Betrugserkennungssystem MINTify rule entwickelt. Damit lassen sich auch in riesigen Datenmengen zuverlässig Betrugsversuche identifizieren. Herzstück des Systems sind neueste Data-Mining-Technologien. »Unsere Software analysiert Daten innerhalb einer Datenbank, um Muster zu identifizieren und daraus Regeln zu erstellen, die in Betrugspräventionssysteme übertragen werden können«, erläutert Dr. Stefan Rüping vom IAIS. Das Verfahren nutzt die Methode der systematischen Ermittlung aller statistisch-mathematischen Möglichkeiten von Betrugsmustern. So lassen sich selbständig neue Missbrauchs-Szenarien und Muster finden und automatisch in transparente, lesbare Regeln umsetzen.

Obwohl Big Data zum Beispiel den Missbrauch von Kreditkarten eindämmen kann, wird nach der NSA-Affäre das Sammeln und Analysieren von Massendaten zunehmend kritisch gesehen. Das zeigt eine Studie des Instituts für Demoskopie Allensbach im Auftrag von T-Systems vom August 2013. Ein Großteil der Befragten will nicht, dass Unternehmen Massendaten etwa aus sozialen Foren nutzen. »Big Data muss gesellschaftliche Aspekte zentral mit berücksichtigen«, ist Stefan Rüping überzeugt. Für die Fraunhofer-Forscher gehören das Schürfen in Datenbergen und ein zuverlässiger Datenschutz zusammen. ■



Technologien der Virtuellen Realität (VR) beschleunigen und vereinfachen Produktentwicklungs- und Produktionsprozesse im Schiffbau.
© *Fraunhofer IGD*

Schiffe nach Maß

Um im hart umkämpften Wettbewerb bestehen zu können, ergreifen Schiffbauer jede Gelegenheit, Konstruktions- und Fertigungsprozesse zu verbessern. Zunehmend kommen hierbei auch die Vorteile der virtuellen Realität zum Tragen.

Text: Ulrike Zechbauer

Viele Modebewusste träumen davon: Im Kleiderschrank hängt ein maßgeschneidertes Einzelstück. Doch der Wunsch nach der begehrten Garderobe bleibt oft ein Traum. Schließlich dominiert preiswerte Massenware den Textilmarkt. Anders im Schiffbau: Dort werden meist nur ein oder zwei Exemplare desselben Typs gefertigt. Die Produktion ist langwierig, komplex und kostspielig. Der Baufortschritt des gesamten Schiffs muss lückenlos protokolliert und dokumentiert werden. Bislang ein aufwändiges Prozedere: Die Qualitätsbeauftragten begutachten den jeweiligen Fertigungsgrad des Schiffs und vergleichen ihn mit einem Papierausdruck der Baupläne. Dann tragen sie ihre Notizen per Hand in vorgefertigte Formulare ein. Abschließend werden die Prüfprotokolle – wie in guten alten Zeiten – in Ordnern abgeheftet. Um die Qualitätssicherung zu revolutionieren, hat das Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD in Rostock im März 2012 das Projekt eKon gestartet. Gemeinsam mit der FORTecH Software GmbH und der 3DInteractive GmbH entwickeln die Fraunhofer-Forscher eine praxistaugliche 3D-Graphiklösung für die maritime Branche. Dank eKon soll die Dokumentation künftig ausschließlich online ablaufen. Mit einem Tablet-PC nimmt der Qualitätsbeauftragte beispielsweise Fotos oder kurze Videoclips vom Schiffsrumpf auf und erfasst zudem sämtliche Informationen über den Bauzustand in einem rein elektronischen Prüfprotokoll.

Positionsbestimmung ohne GPS

»Damit der tragbare Computer weiß, wo er sich gerade befindet und welchen Schiffsteil er sich ansieht, muss er seine genaue Position in der Werfthalle kennen«, erklärt Professor Uwe

Freiherr von Lukas, Manager des Netzwerks von »3D maritim« und Leiter der Abteilung »Maritime Graphics« des IGD. Das Problem dabei ist, dass eine Positionsbestimmung via GPS nicht funktioniert. Denn sowohl die Halle als auch der stählerne Schiffsrumpf lassen schlichtweg keine GPS-Signale durch. »Wir entwickeln deshalb in dem Projekt eKon mit unseren Partnern ein spezielles Hardwaremodul in der Größe eines Taschenrechners. Dieses Modul lässt sich einfach und schnell an einen Tablet-PC anstecken«, erläutert der Wissenschaftler. Ein Prototyp soll im Frühjahr 2014 verfügbar sein und eine Menge neuer Funktionen bieten. »Dank des neuartigen Moduls kann der Tablet-PC seine eigene Position und Orientierung im Raum bestimmen«, so von Lukas. »Das Besondere daran ist, dass hierfür keine zusätzlichen Marker am Schiffsrumpf angebracht werden müssen. Vielmehr kommen etwa Stereokameras, eine Fischaugenkamera sowie verschiedene Sensoren zum Einsatz.«

Augen und Sensoren

Mit einem Schwenk der Fischaugenkamera durch den Raum wird das System zunächst kalibriert. Dank der integrierten Beschleunigungssensoren kann das Modul den zurückgelegten Weg in der Werfthalle und im Schiffsrumpf nachverfolgen. Mithilfe des Luftdrucksensors wiederum stellt das Modul fest, auf welchem Schiffsdeck es sich gerade aufhält. Der Sensor ist derart empfindlich, dass er die geringen Druckunterschiede zwischen Ober- und Unterdeck interpretieren kann – auf dem Unterdeck herrscht ein etwas höherer Luftdruck. Doch dies ist noch nicht alles. Der Ingenieur ist in der Lage, sich zudem das aktuelle CAD-Modell auf seinen tragbaren Computer zu laden und zu überprüfen, ob etwa die Schweißnähte an einem Durchbruch im Maschinenraum exakt nach Bauplan verlaufen oder Hydraulikleitungen an der richtigen Stelle verlegt wurden. Eine Überlagerung von virtuellen Daten und realen Objekten soll in einer weiteren Ausbaustufe folgen.

»Der erste große Schritt ist, dass die Qualitätssicherung voll elektronisch abläuft. Der Tablet-PC ersetzt die unzähligen Papierausdrucke. Zudem liefert die Dokumentation dank eKon weit detailliertere Informationen über den Bauzustand des Schiffs. So kann sich der Ingenieur hinsichtlich eines Durchbruchs im Maschinenraum sämtliche Fotos und Notizen seiner Kollegen auf dem Display anzeigen lassen. Dies beschleunigt den Arbeitsablauf enorm«, betont von Lukas. Anders als in der Automobilindustrie gibt es in der maritimen Branche zum Produktionsstart noch keinen fertigen 3D-Bauplan. Die Produktion eines Schiffs läuft häufig bereits an, wenn die Konstruktion noch gar nicht abgeschlossen ist. In der Praxis ergeben sich oft Änderungen, die ins 3D-Modell eingepflegt werden müssen – der Bauplan ändert sich kontinuierlich. »Erst mithilfe von eKon bekommt der Qualitätsbeauftragte das jeweils aktuelle 3D-Modell in Echtzeit auf sein Display«, erläutert der Experte. Der Betrachter kann sich zudem durch das virtuelle Schiff bewegen und spezielle Punkte herauszoomen. Zusätzlich erhält er etwa Fotos und Videosequenzen der realen Situation sowie die letzten Prüfprotokolle.

Die Vorteile von eKon sind allerdings nicht auf die maritime Industrie beschränkt. »Viele Branchen arbeiten mit ähnlich abschirmenden Materialien wie der Schiffbau. Dort scheidet eine Positionsbestimmung von mobilen Endgeräten via GPS folglich aus. Die Ergebnisse unseres eKon-Projekts lassen sich auch auf den Anlagen- oder Großmaschinenbau sowie die Bauwirtschaft übertragen«, konstatiert der Netzwerkmanager. Das neuartige System soll den Unternehmen helfen, vor allem Zeit einzusparen – und damit auch Geld.

Neben eKon verfolgt das IGD noch weitere Ideen, um die Produktivität zu steigern. »Wer in der Unikatfertigung weltweit wettbewerbsfähig bleiben will, muss flexibel sein. Es gilt, individuelle Kundenwünsche zu erfüllen und gleichzeitig alle Möglichkeiten zur Automatisierung zu nutzen. Assistenzsysteme spielen dabei eine entscheidende Rolle«, so Fachmann von Lukas. »Unter dem Arbeitstitel Augmented Shipbuilding konzipieren wir mit den Partnern unseres Netzwerks »3D maritim unterschiedliche Assistenztechnologien.« Ein Beispiel hierfür sind die in Schutzhelme integrierten Datenbrillen. Diese blenden Zusatzinformationen ins Sichtfeld des Monteurs ein, ohne letzteren zu behindern. Der virtuelle Bauplan zeigt etwa an, wo die nächste Schweißnaht am Rumpf zu setzen ist.

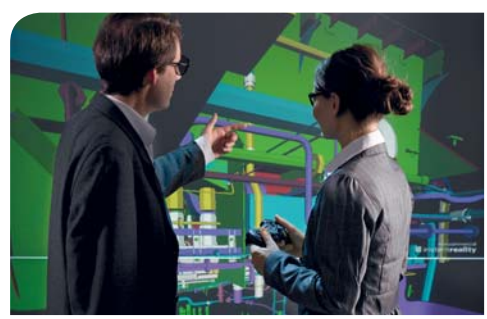
»Die Augmented Reality hebt die Arbeitsweise im Schiffbau auf eine neue Stufe«, fasst von Lukas zusammen. Dank der zunehmenden Verschmelzung von realer und virtueller Welt soll künftig auch die Fertigung von Unikaten reibungslos und noch effizienter ablaufen. ■

Das Netzwerk 3D maritim

Die maritime Wirtschaft ist mit mehr als 380 000 Beschäftigten und einem jährlichen Umsatzvolumen von rund 50 Milliarden Euro einer der wichtigsten Wirtschaftszweige in Deutschland. Die Branche prägt eine moderne, vielfach auf Hochtechnologieprodukte spezialisierte Schiffbau- und Schiffbauzulieferindustrie. Heutige Kreuzfahrt- und Marineschiffe weisen eine technische Komplexität auf, die selbst von Flugzeugen oder Kraftwerken nicht übertroffen wird. Die Investitionen für Forschung und Entwicklung (FuE) fallen mit zehn Prozent des Umsatzes – also etwa fünf Milliarden Euro – entsprechend hoch aus. Maritime FuE setzt dabei auf neue Materialien, optische Technologien sowie auf Informations- und Kommunikationstechnik – für das virtuelle Schiffsdesign und die Simulation der Schiffbauproduktion unter Einbeziehung der gesamten Wertschöpfungskette.

Das vom IGD initiierte und geleitete Netzwerk 3D maritim ist ein Zusammenschluss von spezialisierten IT-Firmen, Forschungseinrichtungen und Anwendern, die den Einsatz von 3D in der maritimen Branche vorantreiben. Gemeinsam entwickeln die Netzwerkpartner neue Produkte und Dienstleistungen – von der Konstruktion über die Fertigung bis zu Training und Nachrüstung. Zudem ist »3D maritim« zentrale Anlaufstelle für alle, die der Einsatz von 3D-Lösungen im Schiffbau, Schiffsbetrieb und im Bereich Offshore-Technik interessiert. Die gesteigerte Sicherheit auf See und der weitgehende Schutz der Umwelt sind typische Herausforderungen, bei denen 3D-Lösungen ihre Stärken ausspielen können.

www.3dmaritim.de



Mit dem Auto um die Ecke gucken

Gefahrensituationen erkennen, bevor sie entstehen, Staus und unnötige Umwege vermeiden – davon träumt jeder Autofahrer. Dank moderner IT- und Funktechnologien sind wir nicht mehr allzu weit von diesem Szenario entfernt. Jetzt hat ein Feldtest den Nutzen der Car-to-X-Kommunikation gezeigt.

Text: Tobias Steinhäußer

Das Jingle des Verkehrsfunks dröhnt unverwechselbar in den Ohren: Dada-dada-dadaaa-daaa! »A8 München Richtung Salzburg: zehn Kilometer Stau an der Anschlussstelle Frasdorf nach einem Unfall. Die linke Fahrspur ist blockiert. Bitte umfahren Sie die Unfallstelle weiträumig!« Doch die Warnung kommt zu spät. Bereits hinter der nächsten Kurve stehen die ersten Autos im Stau.

So oder so ähnlich geht es Tausenden von deutschen Autofahrern täglich: Sie erhalten Verkehrsinformationen aus dem Radio, von fest installierten Verkehrsleitanlagen oder über GPS-Navigation. Bis diese Kanäle von den Verkehrszentralen mit den relevanten Daten gefüttert sind und die Informationen an die Autofahrer weitergegeben, kann einige Zeit vergehen. Oft ist es dann für eine Reaktion zu spät: Die Fahrzeuglenker müssen sich auf ihr fahrerisches Können und ihre Erfahrung verlassen, wenn es gilt, gefährliche Situationen rechtzeitig zu erkennen oder Staus aus dem Weg zu gehen. Allein diese verursachen in Deutschland pro Jahr volkswirtschaftliche Kosten in Höhe von mehr als 17 Milliarden Euro – nicht eingerechnet die unzähligen Liter Kraftstoff und Emissionen, die eingespart werden könnten.

Welt ohne Staus und Unfälle

In der Welt von Michael Eisenbarth sind Staus und Unfälle ein Fremdwort. »In ein paar Jahren werden unsere Fahrzeuge direkt mit anderen Autos und der Verkehrsinfrastruktur, zum Beispiel Ampeln, Leitplanken oder Verkehrsschildern, kommunizieren. So warnen sie uns rechtzeitig vor Gefahrensituationen«, prognostiziert der Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE in Kaiserslautern. Gemeinsam mit Automobilherstellern und -zulieferern, Kommunikationsunternehmen, anderen Forschungsinstituten und öffentlichen Einrichtungen wies das IESE 2013 im Projekt sim^{TD} nach, dass Car-to-X nicht nur funktioniert und reif für den Alltagseinsatz ist. Moderne IT- und Funktechnologien können darüber hinaus dazu beitragen, den Straßenverkehr sicherer, komfortabler und effizienter zu gestalten. Eisenbarth und sein Team waren dafür verantwortlich, in der Anfangsphase einen gemeinsamen Standard für die unterschiedlichen Lösungsansätze und Angebote der beteiligten Partner zu finden.

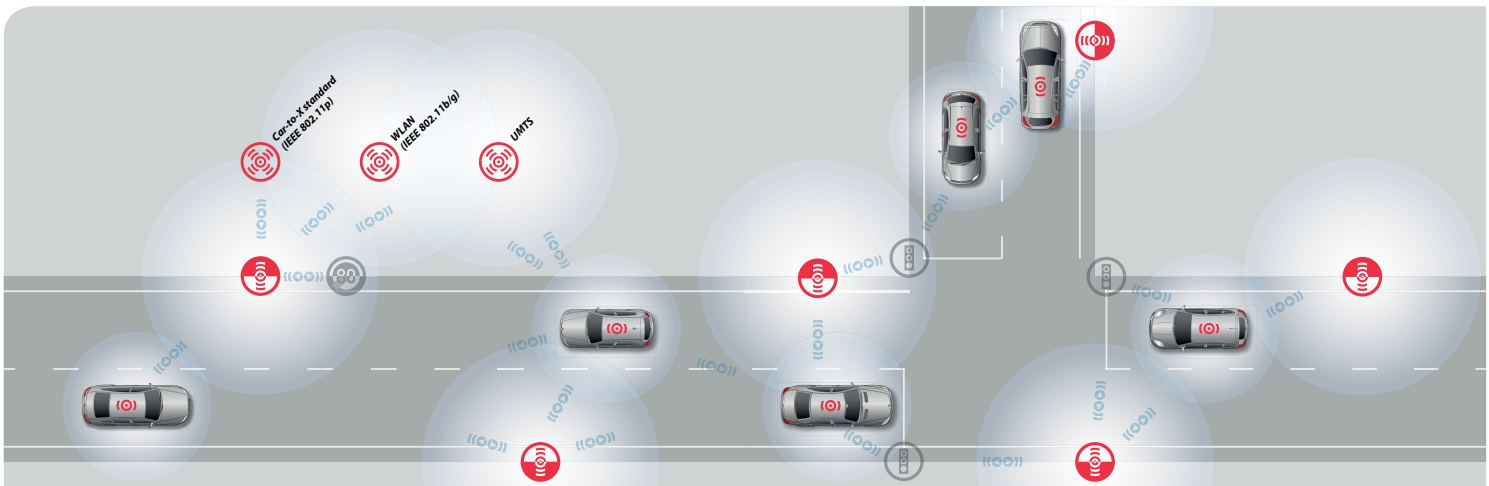
Szenenwechsel: Wir sitzen in einem der Testwägen und wundern uns. Eigentlich deutet hier nichts auf Car-to-X hin. Das Auto sieht auf den ersten Blick aus wie ein herkömmlicher Pkw. Die Technik befindet sich im Inneren auf »On-Board Units«, in den Fahrzeugen verbauten Rechnern, Festplatten, WLAN- und Mobilfunkantennen. Doch dann piept es und in der Anzeige des Bordcomputers erscheint eine Bremswarnung – obwohl wir eigentlich genügend Abstand zum Fahrzeug vor uns haben. »Das Signal weist uns gerade darauf hin, dass mehrere Autos in unserer näheren Umgebung stark gebremst haben. Die Fahrzeuge kommunizieren per WLAN miteinander – einige hundert Meter weit. So sehen wir auch Bremslichter, die wir eigentlich nicht sehen«, erklärt Ilja Radusch vom Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS in Berlin. Jetzt bremst auch das Fahrzeug vor uns stark ab. Unser Fuß war aber schon über dem Bremspedal – so kommen wir in sicherem Abstand zum Stehen.

Diese Funktion begeisterte auch die Testfahrer. Sie wählten am Ende des Projekts das »elektronische Bremslicht« zu ihrer Lieblingsanwendung. Gefolgt vom »Kreuzungs- und Querverkehrsassistenten«, der den Fahrer vor möglichen Kollisionen an Kreuzungen und Einmündungen warnt. An die dritte Stelle schaffte es der »Verkehrszeichenassistent«. Diese Car-to-X-Funktion weist auf alle für das Fahrzeug relevanten Verkehrszeichen hin, auch wenn diese verdeckt sind.

Insgesamt testete das Konsortium innerhalb von sechs Monaten 21 verschiedene Fahrerassistenz-Funktionen. Dabei kamen 120 Fahrzeuge und über 100 Roadside-Stationen – am Straßenrand installierte Sensoren – zum Einsatz. Gefahren wurde auf Strecken im Raum Frankfurt. Die FOKUS-Wissenschaftler waren dafür zuständig, dass alle Systeme die Daten korrekt erhoben und einwandfrei auswerteten. »Wir haben die

Notbremsung. © *Deutsche Telekom/T-Systems*

Der Austausch von Car-to-X-Nachrichten zwischen Fahrzeugen sowie zwischen Autos und ITS Roadside-Stationen erfolgt mittels Adhoc-Kommunikation. Das geschieht auf Basis des momentan zu entwickelnden europäischen Standards für Car-to-X-Kommunikation sowie des gängigen WLAN. Auch UMTS kommt zum Einsatz. © *sim*TD



Werkzeuge für die Erhebung der Benchmarks und Messgrößen entwickelt, die gesamte ausfallsichere Cloud-Infrastruktur mit einer Kapazität von mehr als 120 Terabytes bereitgestellt und den realen Feldtest mit Prüfungen und Simulationen am Rechner unterstützt«, fasst Radusch die Aufgaben zusammen. Diese Werkzeuge kommen nun in weiteren Feldtests in Europa zum Einsatz.

Wenn Autos miteinander kommunizieren, herrscht ziemlich dicke Luft. »Nicht wegen der Abgase, sondern aufgrund der vielen Daten, die per WLAN übertragen werden«, beschreibt Sicherheitsexperte Norbert Bißmeyer die Datenübertragung bei Car-to-X. Gemeinsam mit dem FOKUS entwickelten er und seine Kollegen vom Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie SIT in Darmstadt die IT-Sicherheitsarchitektur für simTD. »Im Gegensatz zum Laptop zuhause, bei dem man sich an einem zentralen Router anmeldet, funktioniert die WLAN-Kommunikation zwischen Fahrzeugen gleichberechtigt und dezentral. Das erschwert es, den Datenaustausch und die Privatsphäre der Beteiligten zu schützen«, beschreibt Bißmeyer die Herausforderung. Um dies zu gewährleisten, programmierten die Wissenschaftler eine ausgeklügelte Sicherheitsarchitektur aus speziellen Softwarezertifikaten und mehreren kryptografischen Schlüsseln für jedes Fahrzeug.

Hersteller senden deutliche Zeichen

Aktuelle Fahrzeugmodelle strotzen zwar schon vor moderner Informationstechnologie, aber noch beschränken sich die Zusatzdienste meist darauf, die Sitze per Smartphone einzustellen oder das Fahrwerk via App tieferzulegen. Doch die Hersteller senden deutliche Zeichen, die Car-to-X-Kommunikation bald einführen zu wollen. »Daimler beispielsweise hat im Zuge der Abschlussveranstaltung von simTD im Juni angekündigt, die ersten getesteten Fahrerassistenz-Funktionen noch 2013 in Serienfahrzeugen umzusetzen«, präzisiert FOKUS-Forscher Radusch. Im Mittelpunkt steht dabei die Kommunikation der Autos mit der Verkehrsinfrastruktur über den Mobilfunkstandard »4G/LTE«. Bereits zuvor hatten die europäischen Autohersteller ein Memorandum unterzeichnet, in dem sie festhalten, von 2015 an erste Autos mit dem WLAN-Standard »ITS-G5« auf 5,9-Gigahertz-Basis in Serie auf den Markt bringen zu wollen.

Auch abseits von simTD beschäftigen sich Fraunhofer-Forscher mit dem Thema – zum Beispiel Josef Jiru vom Fraunhofer-Institut für Eingebettete Systeme und Kommunikationstechnik ESK in München: »In der Arbeitsgruppe ›Automotive Connectivity‹ erarbeiten wir Softwareplattformen, die es erlauben, Fahrerassistenz-Funktionen für Car-to-X flexibel und schnell zu entwickeln sowie zu testen.« Alexander Kiening vom Fraunhofer-Institut für Angewandte und Integrierte Sicherheit AISEC treibt zusammen mit seinen Kollegen die Standardisierung weiter voran. Die Wissenschaftler aus Garching bei München haben am Security-Standard für die WLAN-basierte Car-to-X-Kommunikation mitgearbeitet. Außerdem nutzen sie die simTD-Erkenntnisse zur WLAN-Sicherheit, um den Datenschutz bei der Kommunikation von Fahrzeugen mit der Verkehrsinfrastruktur zu verbessern. »Dafür eignet sich Mobilfunk wegen der größeren Verbreitung besser als WLAN«, erklärt Kiening.

Noch werden wir also weiterhin auf das unverwechselbare »Dada-dada-dadaaa-daaa!« achten und unserem Fahrerinstinkt vertrauen müssen, um sicher und schnell durch den Verkehr zu kommen. Doch dank Car-to-X wird sich das bald ändern. ■

simTD - Sichere Intelligente Mobilität Testfeld Deutschland

Partner: Audi, BMW, Daimler, Ford, Opel, Volkswagen, Bosch, Continental, Deutsche Telekom, Fraunhofer-Institute FOKUS, IESE und SIT, DFKI Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Technische Universität Berlin, Technische Universität München, Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen, Stadt Frankfurt am Main
Förderer: Bundesministerien für Bildung und Forschung, für Wirtschaft und Technologie, für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Land Hessen, VDA – Verband der Automobilindustrie
Fahrleistung: 41 000 Stunden, 1 650 000 Kilometer
Zentrales Ergebnis: simTD-Funktionen können helfen, Unfälle zu vermeiden. Jährlich bis zu 6,5 Milliarden Euro ließen sich einsparen, wenn alle Fahrzeuge damit ausgestattet wären. Ein weiterer volkswirtschaftlicher Nutzen von 4,9 Milliarden Euro entsteht dadurch, dass die Umwelt weniger belastet würde.

Surround-Sound aus dem Smartphone

Für ein räumliches Klangerlebnis braucht man meist viele Lautsprecher, die über den entsprechenden Ort verteilt sind. Mit der Software »Cingo« lässt sich der einhüllende Ton jetzt sogar auf mobilen Geräten erleben - mit ganz normalen Kopfhörern oder den integrierten Lautsprechern.

Text: Janine von Ackeren

Aus Kinos und Wohnzimmern kennt man ihn: Den Surround-Sound. Künftig können auch mobile Geräte wie Smartphones und Tablet-PCs Raumklang bieten – und das über eingebaute Stereolautsprecher oder normale Kopfhörer. Möglich macht es die Technologie »Cingo« vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen. Die Software verarbeitet Filmgeräusche oder Musik so, dass der Nutzer das Gefühl hat, verschiedene Lautsprecher würden tatsächlich um ihn herum im Raum stehen – obwohl sie in Wirklichkeit im mobilen Gerät verbaut sind.

Doch wie erreichen die Forscher diesen Effekt? »Auf dem Weg von den Lautsprechern zu unseren Ohren wird der Klang mehrfach verändert, zum Beispiel durch Reflektionen der Schallwellen an Wänden«, erläutert Jan Plogsties, Leiter der Gruppe Semantic Audio Rendering am IIS. »Dadurch enthält das von den Ohrmuscheln aufgefangene Audiosignal zusätzlich zu Musik- und Sprachinformationen auch Aufschluss über unsere Hörumgebung. Zudem werden Schallwellen, die aus verschiedenen Richtungen kommen, von unserem Kopf und der Ohrmuschel jeweils unterschiedlich geformt. Solche Veränderungen der Schallwellen bilden wir mittels digitaler Filter nach. Wendet man sie auf Audiosignale an, die über kleine Geräte oder Kopfhörer wiedergegeben werden, so entsteht ein Klangbild ähnlich dem einer Heimkinoanlage.«

Gute Lautstärke – auch in lärmender Umgebung

Der Surround-Ton auf dem Tablet bringt allerdings nur dann etwas, wenn er laut genug ist. Und genau hier liegt ein Manko von Tablet-PCs und Smartphones. Denn die integrierten Lautsprecher sind klein und nicht sonderlich leistungsstark. Kurzum: Der Ton kommt oftmals zu leise, besonders wenn es im Hintergrund laut ist. »Der Ton von Filmen besitzt eine sehr große Dynamik, es gibt also sehr leise und wiederum recht laute Stellen«, sagt Plogsties. Was beim Kino gewollt ist, bereitet jedoch auf einem Tablet-PC Probleme. »Unsere Software bearbeitet diese Dynamik und verbessert so die Lautstärkeregelung«, führt Plogsties weiter aus. Dazu analysiert Cingo zunächst einmal, welche Passagen des Filmtons besonders leise sind – und verstärkt diese. Lautere Stellen hingegen bleiben mehr oder weniger unverändert – sonst würden sie verzerrt klingen. Musikfreunde profitieren ebenfalls von dieser automatischen Lautstärkeregelung, auch wenn die Klangverbesserung bei Pop und Rock nicht ganz so groß ist wie bei den Filmen.

Ein weiterer Vorteil der Software: Sie optimiert die Klangqualität von integrierten Lautsprechern. Herkömmliche Schallwandler in Smartphones oder Tablets fangen bei bestimmten Frequenzen an zu scheppern oder zu zwitschern. Insbesondere kleine Lautsprecher haben bei der Wiedergabe von tiefen Tönen Schwächen. Cingo gleicht dieses Scheppern, Zwitschern und Röhren aus – der Ton klingt natürlicher. Dafür haben die Forscher die verschiedenen Lautsprecher, welche in den Tablets und Smartphones integriert sind, untersucht und die Software

Wo man geht und steht: filmreifer Sound und eindrucksvolles Klangerlebnis. © *Fraunhofer IIS*

passgenau darauf zugeschnitten. Wollen die Hersteller Cingo auf ihren Geräten vorinstallieren, liefern die Wissenschaftler die passende Version der Software.

Auch den Klang von Kopfhörern optimierten die Forscher.. »Bei den Kopfhörern haben wir sehr viele verschiedene Produkte durchgemessen und einen Mittelwert gefunden. Wir passten Cingo dafür entsprechend so an, dass es die Klangqualität für alle untersuchten Kopfhörer verbessert«, erläutert Plogsties das Vorgehen der Wissenschaftler. Wird dagegen mit dem Gerät ein Kopfhörer ausgeliefert, lässt sich der Klang – wie bei Lautsprechern – perfekt regeln.

Nexus 7 und Nexus 10 – Raumklang inklusive

Erste Geräte mit Surround-Sound sind seit kurzem auf dem Markt erhältlich: So ist Cingo auf dem Tablets Nexus7 und Nexus10 von Google bereits vorinstalliert, weitere Smartphones und Tablet-PCs anderer Hersteller sollen bald folgen. An der Hardware brauchen die Hersteller dafür nichts zu ändern, sie können daher weiterhin die üblichen Lautsprecher und Kopfhörer verwenden.

Auch für Anbieter von Apps ist die Software interessant. Integrieren sie die Software in ihre Applikationen – beispielsweise solche, mit denen man Filme herunterladen und ansehen kann – so können die Nutzer entsprechende Videos auch auf mobilen Geräten mit Surround-Ton genießen. Und das sogar, wenn Cingo auf ihrem Smartphone oder Tablet-PC nicht vorinstalliert ist. Denn die Audiosoftware arbeitet innerhalb der App. Der führende koreanische IPTV-Anbieter SK Broadband hat die Technologie bereits in seine App »Btv mobile« integriert, mit der die Nutzer das gesamte Angebot des Senders – von TV bis hin zu Kinofilmen – mobil empfangen können. »Unsere Kunden erwarten überall und immer die beste Qualität. Wir sind sicher, dass durch die realistischere Audiowiedergabe die Zufriedenheit unserer Kunden deutlich steigen wird,« sagt Mr. Han-Su Kim, Leiter der Media Business Group bei SK Broadband.

Mit HE-AAC schnell heruntergeladen

Die Software ermöglicht perfekten Raumklang auf mobilen Geräten. Doch wie lassen sich die dafür notwendigen enormen Datenmengen auf Tablets und Co. übertragen? Dazu bietet sich der Multikanal-Audiocodec High Efficiency AAC an, kurz HE-AAC. Dieser Codec wurde innerhalb der »Moving Picture Experts Group MPEG« vom IIS mitentwickelt und ist bereits in über sechs Milliarden Geräten zu finden. Er wird von bedeutenden Betriebssystemen wie Android, iOS und Windows unterstützt. Google bietet, quasi als Ergänzung zu den Geräten Nexus7 und Nexus10, mittlerweile auch alle Filme mit HE-AAC-Standard und Raumklang an. »Das ist eine perfekte Kombination«, erklärt Plogsties. »Denn die meisten Nutzer werden die Filme mit dem Surround-Sound auf dem Tablet oder Smartphone anschauen.« ■

Per Funk erkannt – Gefahr gebannt

Spiel, Spaß und Spannung – aus der Perspektive eines Autofahrers überwiegt in dieser Szene letzteres.
© *Walter G. Allgöwer/dpa*

Funk- und Ortungstechnologien helfen dabei, die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen. Sie erkennen Fußgänger und Radfahrer, bevor der Autofahrer sie sieht, und warnen diesen vor gefährlichen Situationen.

Text: Brigitte Röthlein

Jeder Autofahrer kennt diese Angst: Ein Kind rennt unvermittelt hinter parkenden Autos hervor auf die Straße, man kann nicht mehr rechtzeitig bremsen, es kommt zum Unfall. Solche und ähnliche Situationen zu entschärfen, ist die Aufgabe, die sich Wissenschaftler im Projekt Kooperative Transponder Ko-TAG gestellt haben. Um dies zu erreichen, setzen die Forscher auf besondere Funkchips. Solche Transponder oder Tags könnten Radler und Fußgänger künftig einfach mit sich führen. »Die Chips kommunizieren aktiv miteinander, melden sich beispielsweise gegenseitig ihre Positionen«, erläutert Marc Faßbinder, verantwortlicher Gruppenleiter am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Nürnberg. Damit man auch Bewegungsarten erkennen kann, haben die Forscher zudem Inertialsensorik integriert.

Kooperative Transponder

Das Verbundprojekt Kooperative Transponder Ko-TAG erforscht kooperative Sensortechnologie auf Basis von Funk. Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderte Forschungsvorhaben läuft seit vier Jahren. An dem Projekt beteiligen sich neben dem Fraunhofer IIS Automobilhersteller, Zulieferer für die Autoindustrie sowie weitere Forschungsinstitute. Ziel ist es, ein System aus Sensoren zu entwickeln, das den Autofahrer rechtzeitig warnt, wenn eine Gefahrensituation droht, und das notfalls automatisch eine Vollbremsung einleitet. Das Projekt ist Teil der Forschungsinitiative Kooperative Fahrsicherheit Ko-FAS.

www.ko-fas.de

Wo Fußgänger oder Radfahrer hinter Autos versteckt oder in schwer einsehbaren Ausfahrten unterwegs sind, zeigt Autofahrern ein im Wagen integriertes Ortungssystem an. Es empfängt mithilfe eines Gruppenantennensystems die Signale der Fußgänger oder Radler in der Umgebung, bestimmt ihre Laufzeit und Winkelverteilung und errechnet daraus zunächst die Standorte der anderen Verkehrsteilnehmer. Durch wiederholte Messungen, die mit den Signalen der Inertialsensorik kombiniert werden, lässt sich daraufhin ein Bewegungsmuster erstellen.

Der besondere Clou: »Da die Kommunikation im 5,8-GHz-Band über Funk abläuft, funktioniert sie auch, wenn keine Sichtverbindung besteht«, führt Faßbinder aus. Im Gegensatz zu bereits bestehenden Systemen kann der Autofahrer auf diese Weise auch dann gewarnt werden, wenn jemand überraschend ins Sichtfeld fährt oder rennt. Die Funk- und Ortungstechnologie hat das Fraunhofer IIS in Kooperation mit der Technischen Universität München, dem Steinbeis-Innovationszentrum für Embedded Design und Networking sowie dem Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut HHI in Berlin entwickelt.

Optimale Kommunikation – auch ohne bestehende Sichtverbindung

Doch wie erkennt das System, ob es zu einer gefährlichen Situation kommen kann? »Eine Warnung darf nur bei einer realen Gefahr erfolgen, sonst ist der Fahrer überlastet«, betont Faßbinder. Die Software muss also entscheiden, ob das Bewegungsmuster eines Verkehrsteilnehmers darauf hindeutet, dass eine kritische Situation eintreten wird. Abrupte Richtungsänderungen können beispielsweise ein Hinweis sein. Doch das Risiko zu berechnen, ist kompliziert: Denn vor allem Fußgänger bewegen sich mal schneller oder langsamer, ändern die Richtung oder stoppen plötzlich. Sie sind im Vergleich zu Fahrzeugen deutlich manövrierfähiger. So lässt sich erst sehr spät mit absoluter Sicherheit eine Kollision vorhersagen. Um das Fußgängerverhalten besser einschätzen zu können, nutzt das System statistische Verhaltensmodellierung. Bei dieser Methode wird ein Modell des Fußgängerverhaltens aus im Vorfeld gemachter Beobachtung einer Vielzahl von Fußgängern abgeleitet und je nach Situation eine Wahrscheinlichkeit für das weitere Verhalten des Fußgängers ermittelt. Ausgehend von den physiologischen Randbedingungen bei der Bewegung von Menschen kann man so Verhaltensmuster auffinden, die typisch für gewisse bevorstehende Änderungen im Bewegungsablauf sind und daher zum Beispiel das plötzliche Betreten der Straße als wahrscheinlich erscheinen lassen. »Konkret wird anhand von Frühindikatoren, die sich aus der Verfolgung der Fußgängerbewegung und den Informationen des Inertialsensors gewinnen lassen, auf eine gefährliche Verhaltensänderung des Fußgängers geschlossen«, erläutert Faßbinder.

Eine weitere Herausforderung: Das System muss echte Bewegungen vom Missbrauch der Tags unterscheiden können. »Wenn zum Beispiel jemand einen Transponder von einer Autobahnbrücke wirft, darf das nicht dazu führen, dass dort Autos eine Vollbremsung machen«, sagt René Dünkler, zuständig für Technologie Marketing am Fraunhofer IIS. Und es muss auch unterscheiden können, ob es sich um einen Schulbus voller Kinder handelt, der gerade vorbeifährt, oder um Kinder, die auf die Straße rennen. Auch dafür haben die Experten Lösungen entwickelt. Großen Wert legten die Wissenschaftler zudem auf den Datenschutz. »Das System erkennt nur, zu welcher Klasse von Verkehrsteilnehmern der Transponder gehört, nicht, zu welcher individuellen Person«, betont Dünkler.

Die neue Technik überzeugt auch den ADAC. Der Verkehrsclub zeichnete das Projekt mit dem Mobilitätspreis 2013 aus. Doch die neue Technik funktioniert natürlich nur perfekt, wenn jeder gefährdete Verkehrsteilnehmer einen solchen Transponder trägt. Die aktiven Funkchips könnte man beispielsweise in Fahrradhelme, Schulranzen oder Kinderwarnwesten einbauen, oder sie ließen sich mit dem Handy kombinieren. In der Zukunft müsste man dafür sorgen, dass alle besonders gefährdeten Verkehrsteilnehmer, zum Beispiel Schulkinder, ältere Menschen und Radler, einen Tag bei sich tragen. »Der ADAC kann dabei eine wichtige Rolle spielen«, sagt René Dünkler, »deshalb freuen wir uns besonders darüber, dass er dieses Projekt mit dem Mobilitätspreis Bayern ausgezeichnet hat.«

Ausgezeichnet mit dem Mobilitätspreis 2013

Die Technik zum Schutz von Fußgängern und Radfahrern lässt sich aber auch in Autos einsetzen. Werden Wagen mit Transpondern ausgestattet, könnten sie beispielsweise Ampelanlagen bedarfsgerecht steuern. Kommen viele Fahrzeuge aus einer Richtung, dann bleibt die Ampel länger grün. Am Test- und Anwendungszentrum L.I.N.K. des IIS in Nürnberg wollen die Forscher die Technik in die bereits vorhandene Teststrecke einbauen, um die Ortungsverfahren dort in der Praxis zu erproben. Auch Unfälle mit Seitenaufprall zwischen Pkws könnten verhindert werden, wenn die Fahrzeuge untereinander kommunizierten. ■

Ruinen retten

Pompeji zählt zu den meistbesuchten antiken Stätten weltweit. Doch Wind und Wetter setzen der antiken Stadt immer stärker zu. Forscher wollen den zunehmenden Verfall verhindern.

Text: Klaus Jacob

Am Vormittag des 24. August im Jahr 79 n. Chr. erschütterten Erdstöße die Stadt Pompeji. Gebäude stürzten ein, dann explodierte der Gipfel des Vesuvs und eine riesige schwarze Wolke schoss aus seinem Trichter. Asche regnete auf die Stadt herab und Lava strömte talwärts. So schildern Zeitzeugen den Vulkanausbruch. Während die direkt unter dem Vesuv gelegene Stadt Herculaneum sofort unter Schlamm, Lava und Wasserfluten begraben wurde, starben in Pompeji die meisten Menschen an den tödlichen Phosphordämpfen oder wurden von Gesteinsbrocken erschlagen. Am Ende des Tags war Pompeji komplett von einer sechs bis sieben Meter dicken Schicht Asche und Bimsstein bedeckt.

Etwa 1500 Jahre lang ruhte Pompeji so geschützt vor den Einflüssen der Witterung und der über sie hinwegziehenden Geschichte. Dank der Versiegelung mit Lava und Bimsstein blieb in der antiken Stadt am Golf von Neapel vom Tempel über die Wäscherei bis zum Bordell alles erhalten. Erst um 1600 entdeckte man durch Zufall bei Entwässerungsarbeiten die verschüttete Stadt. Ende des 18. Jahrhunderts erwachte dann das archäologische Interesse an Pompeji. Bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts wurden durch kontinuierliche Grabungen gut zwei Drittel des antiken Stadtgebiets freigelegt.

Aber den Ruinen droht Gefahr. Die Wiederentdeckung Pompejis ist zugleich ihr zweiter Untergang. Fresken und Mosaike sind den widrigen Umwelt- und Witterungseinflüssen meist ungeschützt ausgesetzt. Teilweise stürzen sogar mühsam freigelegte Gebäude bereits ein. Und auch die zahlreichen Touristen – jährlich besuchen zweieinhalb Millionen Menschen die Ruinenstadt – hinterlassen ihre Spuren. »Das tut uns in der Seele weh. Zwar wird in Pompeji beständig restauriert, doch erfordert allein die schiere Größe der Stadt immer wieder neue Anstrengungen, wenn man dauerhaft und nachhaltig im gesamten Gebiet erfolgreich konservatorisch arbeiten will«, erklärt der Restaurator Dr. Ralf Kilian vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP in Holzkirchen. Bereits 1999 besuchte er gemeinsam mit Albrecht Matthaei Pompeji. Schon damals beschlossen die beiden Studenten etwas für die antike Stadt zu tun. Im Jahr 2012 legten der Fraunhofer-Mitarbeiter Kilian und der promovierte Archäologe Matthaei schließlich den Grundstein für das »Pompeii Sustainable Preservation Project«.

www.pompeii-sustainable-preservation-project.org

Gemeinsam mit internationalen Forschungspartnern und den Behörden vor Ort streben die Wissenschaftler eine ganzheitliche, nachhaltige Lösung für das Weltkulturerbe an. Nicht nur – wie bisher üblich – Archäologen und Restauratoren sollen hier den Ton angeben, sondern auch Naturwissenschaftler und Techniker. Und noch etwas ist neu an dem Vorgehen der Fraunhofer-Experten: »Mit einer gezielten Fundraising-Strategie möchten wir Förderer für das Projekt gewinnen, deren Herz ebenfalls für den Erhalt dieses unwiederbringbaren Zeugnisses abendländischer Kultur schlägt«, erklärt die Kampagnenleiterin des IBP, Nina Martens. »Das Projekt steht. Für den Start haben wir vom Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft eine Anschubfinanzierung erhalten. Nun suchen wir nach Geldgebern, die uns das für die Umsetzung unseres Vorhabens notwendige Budget in Höhe von zehn Millionen Euro zur Verfügung

Die antike Stadt Pompeji liegt am Fuße des aktiven Vulkans Vesuv in der italienischen Region Kampanien am Golf von Neapel. Die Ruinen Pompejis gelten heute als wichtige Bildungsstätte für antike Kultur und Geschichte.
© Fraunhofer IBP

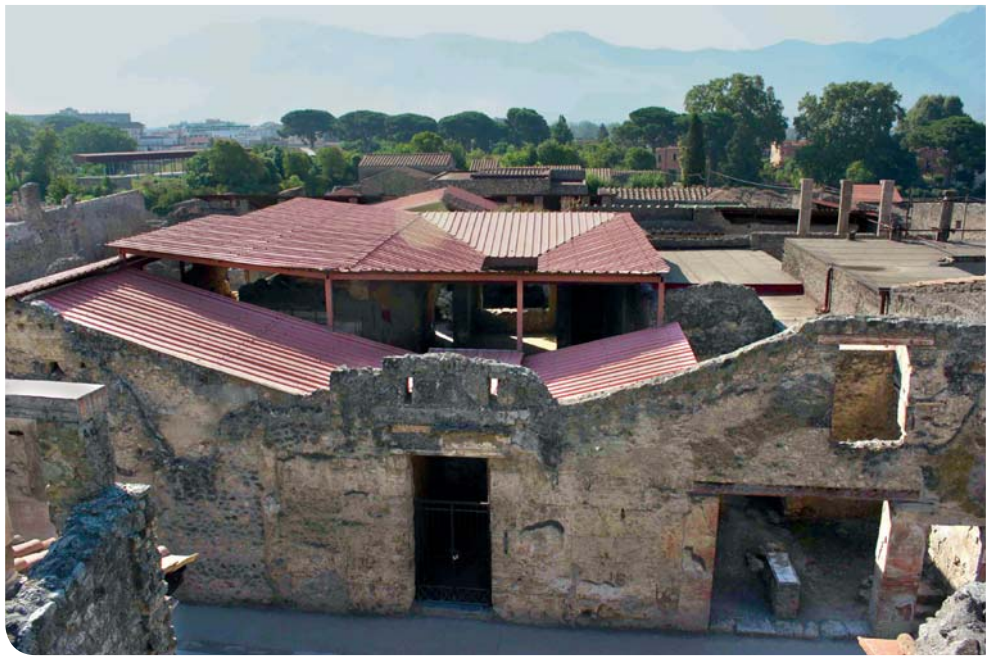
Erste Ausgrabungen Ende des 18. Jahrhunderts brachten die gut erhaltenen Überreste der Stadt wieder zum Vorschein und ermöglichten der Wissenschaft wertvolle Einblicke in das Leben der Antike.
© Fraunhofer IBP

stellen«. Dies ist ein neuartiger Ansatz, denn die Zusammenarbeit unterschiedlicher Institutionen auf internationaler Ebene und die für das Vorhaben notwendigen Mittel ist auf konventionellen Wegen der öffentlich geförderten Forschung nicht oder nur sehr schwer umzusetzen. »Die Unterstützung durch Förderer ermöglicht es unserem ehrgeizigen wie umfassenden Projekt die Mittel schnell und unbürokratisch zukommen zu lassen«, so Martens. Als Best Practice dient dabei das Herculaneum Conservation Project. In der 20 Kilometer von Pompeji entfernten Stadt investiert seit zehn Jahren der Amerikaner David Woodley Packard in ein äußerst erfolgreiches Restaurierungsprojekt.

Neue Restaurierungstechniken entwickeln

Die Arbeiten sollen nicht nur dem Erhalt der Weltkulturerbestätte Pompeji dienen, sondern auch innovative Methoden und Strategien liefern, um weiterem Verfall vorzubeugen. Die neuen Technologien ließen sich dann auch in anderen antiken Stätten einsetzen. Dazu greifen die Forscher auf einen breiten Erfahrungsschatz zurück. Die Leitung des »Pompeii Sustainable Preservation Projects« teilen sich das IBP und der Lehrstuhl für Restaurierung an der Technischen Universität München. Beteiligt sind zudem das an die UNESCO angeschlossene International Center for the Study of the Preservation of Cultural Property, die Universitäten von Pisa und Oxford, das Deutsche Archäologische Institut in Rom und natürlich die zuständigen Behörden am Ort, vor allem die Sopraintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Napoli e Pompei als direkt verantwortliche Einrichtung. »Wir wollen durch eine interdisziplinäre Zusammenarbeit auf internationalem Ebene ein Projekt auf die Beine stellen, bei dem gleichzeitig die Bausubstanz restauriert, an neuen Restaurierungsmethoden geforscht und der wissenschaftliche Nachwuchs ausgebildet werden«, fasst Ralf Kilian die Ziele des ehrgeizigen Vorhabens zusammen.

Statt sich auf Teilbereiche wie einzelne Wandgemälde oder Häuser mit aufwändig gestalteten Räumen zu konzentrieren, verfolgen die Partner des »Pompeii Sustainable Preservation Projects« einen ganzheitlichen Ansatz. Die Grundstruktur der Stadt Pompeji bildet die Insula, ein auf vier Seiten von Straßen umgebener Häuserblock. Eine historisch korrekte und für die Stadt adäquate Restaurierung muss



Durch die Konservierungseigenschaften der Lavaschicht, die sich über die Stadt und ihre Einwohner zog, blieb die Tragödie Pompejis über die Jahrhunderte hinweg bewahrt. © *Fraunhofer IBP*

Nun sind die Überreste den widrigen Umwelt- und Witterungseinflüssen meist ungeschützt ausgesetzt. Forscher arbeiten an der nachhaltigen Sicherung des Weltkulturerbes. © *Fraunhofer IBP*

sich an dieser Einheit orientieren und alles sichern, was dort überliefert wurde. Ein möglicher Ansatzpunkt für das Projekt könnte die Insula des Kryptoportikus (unterirdische Wandelhalle) sein, die mit einer Fläche von knapp 600 Quadratmetern fast schon selbst eine kleine Stadt in der Stadt ist. Mit ihren sechs unterschiedlich aufwendig ausgestatteten Wohnhäusern, fünf Werkstätten und Läden sowie der größten in Pompeji überlieferten Gerberei vereint die anvisierte Insula jene bau- und sozialhistorischen Besonderheiten, die den einmaligen Quellenwert der Stadt ausmachen. Archäologe Matthaei schildert die geplante Vorgehensweise folgendermaßen: »Zunächst wird es darum gehen, den heutigen Baubestand zu dokumentieren. Auf dieser Grundlage lassen sich erste Notsicherungen durchführen, bevor wir in weiteren Schritten Stück für Stück die gesamte Insula nach dem neuesten Stand der Technik restaurieren.«

Nachwuchskräfte schulen

Die ganzjährige Arbeit der Restauratoren wird durch eine Sommerakademie ergänzt. Diese wendet sich ebenso an herausragende restaurierungswissenschaftliche Nachwuchskräfte wie an Restauratoren, die sich bisher nicht mit der römischen Antike beschäftigt haben. Unter sachkundiger Anleitung werden Arbeitsmethoden vermittelt, die von den Schülern später in eigenen Projekten angewendet werden können. Pompeji-Kurse für Schulen aus der Vesuv-Region und internationale Partnerschulen sollen Begeisterung und Verantwortungsbewusstsein für das Kulturerbe bei künftigen Generationen wecken.

»Die Aufnahme und Restaurierung der Insula ist jedoch »die Wirbelsäule« des Projekts«, präzisiert Kilian. Flankiert werden die Arbeiten von geistes- wie naturwissenschaftlichen Forschungsprojekten. Architekten werden die noch stehenden Mauern dokumentieren und auf dieser Grundlage die Baugeschichte der Häuser schreiben. Schon in der Antike hat man Wohnhäuser oftmals umgebaut; die Spuren, die diese Baumaßnahmen hinterlassen haben, erlauben Einblicke in die Lebensweise der Hausbesitzer. Archäologen werden mit kleineren Grabungen im Inneren der Häuser nach Spuren von Vorgängerbesiedlung suchen und ergründen, was auf der Grundfläche der Insula passiert war, bevor diese dort errichtet wurde. Sozialhistoriker untersuchen die in den Gebäuden gefundenen Objekte und Inschriften, um zu zeigen, wie der Wohnraum auf Arme und Reiche, Männer und Frauen, freie Bürger, Handwerker und Sklaven verteilt war. Restauratoren wollen die Restaurierungsgeschichte des Hauses dokumentieren und prüfen, wie sich die einzelnen Eingriffe, die dort seit der Ausgrabung vorgenommen wurden, bewährt haben. Parallel dazu führt man Forschungen durch, die zur Entwicklung neuer Technologien beitragen werden und damit zur Verbesserung der Konservierungsmethoden sowie des Erhalts von Denkmälern.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Bei diesem Projekt spielen allerdings nicht nur technische Fragestellungen und Entwicklungen eine Rolle. So werden auch Biologen in Pompeji arbeiten und erforschen, wie man das Areal am besten begrünt, um beispielsweise unerwünschten Bewuchs durch Kletterpflanzen zu verringern. Die für die Bausubstanz schädlichen Herbizide, wie man sie bisher in Pompeji eingesetzt hat, wären dann kaum noch nötig.

Gemeinsam wollen alle Partner des »Pompeii Sustainable Preservation Projects« dafür sorgen, dass die Ruinen von Pompeji künftig wieder eine zentrale Rolle in der internationalen Diskussion über den Erhalt und die Erschließung von Kulturdenkmälern spielen. ■

Infrastrukturen sichern

Moderne Industriegesellschaften sind anfällig für Störungen: Der Ausfall des Flugverkehrs, des Schienennetzes, der Strom- oder Datenübertragungswege kann enorme Kosten verursachen und sogar Menschenleben gefährden. Um die kritischen Infrastrukturen zu schützen – und sie im Katastrophenfall schnell wiederherstellen zu können – arbeiten jetzt Experten aus sechs europäischen Forschungseinrichtungen – darunter Fraunhofer, vier Universitäten, der Internationale Eisenbahnverband, sowie ein Schweizer Unternehmen für IT-Sicherheit – zusammen. Im EU-Projekt »Critical Infrastructure Preparedness and Resilience Research Network« , CIPRNet, wird ein Kompetenzzentrum für die Simulation und Analyse kritischer Infrastrukturen entwickelt.

Ziel ist es, Methoden zu entwerfen, mit deren Hilfe die Betreiber von Verkehrs-, Telekommunikations- und Schienennetzen schnell auf Notfälle regieren können. »Um ein bestmögliches Niveau an Reaktionsfähigkeit zu erreichen und halten zu können, müssen sich sowohl Technologien, als auch Akteure schnell auf ständige Veränderungen in kritischen Infrastrukturen einstellen können«, sagt Dr. Erich Rome, Koordinator des Projekts am Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS in Sankt Augustin. »CIPRNet wird zukunftsweisende Methoden zur Modellierung, Simulation und Analyse bereitstellen, die als Entscheidungsunterstützung das europaweite Katastrophen- und Notfallmanagement fördern sollen.«

Modellierter Hafen

Singapur gilt als Drehscheibe im internationalen Warenverkehr. Der Containerhafen ist bereits heute einer der drei größten der Welt. Und er wächst weiter: Bald soll ein neues Containerterminal entstehen, mit einem Kai, der sechs Kilometer lang sein wird. Damit es beim Löschen der Ladung und dem Abtransport nicht zum Chaos kommt, hat das Singapore Maritime Institute Wissenschaftler auf der ganzen Welt zu einem Ideen-Wettbewerb aufgerufen.

Zusammen mit Partnern aus Deutschland, Finnland und Singapur haben Forscher vom Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML die künftigen Abläufe simuliert und ein Konzept erarbeitet, mit dessen Hilfe sich Millionen von Containern jährlich löschen und abtransportieren lassen. »Unsere Aufgabe in diesem Projekt waren die Analyse und Simulation der Prozesse im zentralen Lager, dem Containerstack, und bei der Hinterlandanbindung«, erklärt Prof. Carlos Jahn, Leiter des CML. Im Wettbewerb »Next Generation ContainerPort Challenge« erreichte das Team den vierten Platz unter 56 Teilnehmern.

Logistik an Bord

Die Fernstraßen Europas sind häufig überlastet. Vor allem Lkws verstopfen die Verkehrswege. Stundenlange Staus können die Folge sein. Dabei ließe sich – zumindest theoretisch – ein Teil des Gütertransports durchaus auf die Wasserstraßen verlegen.

Wie dies auch praktisch funktionieren könnte, untersucht jetzt ein internationales Forscherteam. In dem von der EU im 7. Rahmenprogramm unterstützen Projekt NEWS – Development of a Next Generation European Inland Waterway Ship and Logistics System – wird ein neuartiger Schiffsrumpf entwickelt. Durch ihn lässt sich die Transportkapazität drastisch steigern. Das neue Konzept soll außerdem eingebunden werden in ein Logistiksystem. Die Experten untersuchen, wie sich die europäischen Wasserstraßen – insbesondere die Donau und angrenzende Flüsse und Kanäle – möglichst effizient für den Containertransport nutzen lassen.

Die sozio-ökonomische Analyse führen dabei die Experten von Fraunhofer Austria durch. Das Team erforscht, inwieweit es sich auch für Automobilhersteller und Zulieferer lohnt, den Warentransport auf Europas Wasserstraßen zu verlegen.

Wie Ideen entstehen

Wie entstehen neue Ideen? Wie werden daraus Innovationen? Welchen Einfluss haben diese auf die Gesellschaft? Antworten auf solche Fragen wollen deutsche und chinesische Forscher künftig gemeinsam suchen. Zusammen mit dem Institut für Politik und Management der Chinesischen Akademie der Wissenschaften hat das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI jetzt das »Joint Center for Innovation Research« in Peking gegründet. Ziel des Forschungszentrums ist es, die Zusammenarbeit zu verbessern und außerdem sowohl deutsche, als auch europäische Unternehmen, die den chinesischen Markt erschließen wollen, zu beraten.

»Das chinesische Innovationssystem zu verstehen, ist dabei von großer Bedeutung«, erklärt Marion A. Weissenberger-Eibl, die Leiterin des ISI. »Dank unserer Aktivitäten und der Einblicke in das wissenschaftliche und politische System, die wir dadurch bekommen, werden wir unsere Beratung verbessern können.«

Das Themenspektrum, mit dem sich die Forscher des neuen »Joint Center for Innovation Research« befassen werden, reicht von Energieeffizienz und regenerativen Energien über Transportsysteme bis zu Wasser-Infrastrukturen. Außerdem soll untersucht werden, wie in China Wissenschaft und Forschung zusammenarbeiten, auf welche Weise das Recht an geistigem Eigentum geregelt ist und welche Auswirkungen Innovationen auf die Kultur haben.

Von Schneealgen und Eisbären

Ausgeprägte »rote-gelb-grüne Schneealgenblüte« auf dem Makarovbreen, einem kilometergroßen Gletscher am Eingang des Raudfjorden im hohen Norden Spitzbergens. © *Fraunhofer IBMT*

Ein Essay von Professor Günter Fuhr, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Biomedizinische Technik IBMT

Erzählt man davon, mit einer kleinen Gruppe des Fraunhofer-Instituts für Biomedizinische Technik IBMT auf Polarexpedition zu gehen, erntet man Erstaunen und Bewunderung. Die Leute glauben, einen sportlich durchtrainierten Menschen von extremer Leistungsfähigkeit und kühner Unerschrockenheit vor sich zu haben – einen Abenteurer. Sie denken an Amundsen und Scott, den Nord- und Südpol, extreme Kälte, Erfrierungen und kräftezehrende Überwinterungen in rauer Polarnacht. Auch heute noch erlangen »Pol-Expeditionen«, wie die Extremgänge von Arved Fuchs, Reinhold Messner und anderen deutlich mehr Aufmerksamkeit, als die jährlichen wissenschaftlichen Arktis- und Antarktisunternehmungen. Auch die Geschichtsschreibung der Polarhistorie liest sich so. Die Zahl der Opfer ist hoch, sie alle werden zu Helden verklärt. In der öffentlichen Wahrnehmung hat sich infolgedessen eine unglückselige Verknüpfung von Abenteurertum, Forschung und Extremsport verfestigt. All das trifft für die jährlich stattfindenden wissenschaftlichen Polarexpeditionen nicht zu. Es wird nicht gelitten und gekämpft, man muss kein Athlet oder Spitzensportler sein, sondern es wird überlegte und gut geplante Feldforschung betrieben. Nach den wissenschaftlichen Inhalten, dem eigentlichen Grund einer Expedition, fragt kaum jemand. Und wenn, dann wundern die Menschen sich darüber, dass das Fraunhofer IBMT Feldforschung auf Spitzbergen betreibt und das schon seit dreizehn Jahren mit großem industriellen Erfolg.

Was lockt die Fraunhofer-Wissenschaftler in das arktische Freiland? Es sind mikroskopisch kleine Algen, die Schneealgen, die sich an die extremen Klimabedingungen bestens angepasst haben und sich auf nassen Schnee- und Gletscheroberflächen vermehren. Sie treten zum Teil massenhaft und in großer Artenvielfalt auf, viel artenreicher, als man lange Zeit annahm. Die Genetik erlaubt inzwischen eindeutige Aussagen. Obwohl sie hier im polaren Spätsommer trotz der niedrigen Temperaturen zu explosionsartiger Vermehrung gelangen – den Schneealgenblüten, in deren Folge sich ganze Schneehänge und Gletscher rot, orange bis grün färben –, befinden sich bisher nur ganz wenige Stämme weltweit in einer stabilen Laborkultur. Die Eis-, Schnee- und Schmelzwasserbedingungen, die Lichtverhältnisse, monatelange Dunkelheit und Vergemeinschaftung der Schneealgenarten untereinander sind sehr komplexe Randbedingungen und noch nicht so weit erforscht, dass sie im Labor vergleichbar zum arktischen Freiland kopiert werden können. Das aber ist die Voraussetzung, will man diese Algen einer praktischen Nutzung zuführen. Eine industrielle Verwertung ist kein Traum, denn sie sind für die Biotechnologie, Kosmetik-, Pharma- und medizinische Forschung wegen ihrer besonderen Substanzen und Gene, die sie in ihrer Anpassung ausgebildet haben, sowie aufgrund ihres Wachstumsoptimums bei wenigen Grad über Null, mehr als interessant. Mit ihnen könnte man die Frühjahrs- und Herbstlücke in den Algenfreilandanlagen Mitteleuropas schließen, die derzeit entweder teuer beheizt und beleuchtet oder für Monate stillgelegt werden müssen. Doch das ist nur ein Gesichtspunkt, der für die Überführung ins Labor spricht.

Einige der speziellen Inhaltsstoffe dieser Schneealgen werden schon heute im industriellen Maßstab genutzt – zum Beispiel in der Kosmetikbranche. Und es steckt noch eine ganze Menge mehr in diesen kleinen Organismen. Neue Wirkstoffklassen vielleicht? Eine Quelle für gesunde Nahrungsergänzung? Wer weiß es schon genau: Das IBMT verfügt inzwischen über die weltweit größte Sammlung kryophiler Algen, »CCCryo« (http://cccryo.fraunhofer.de). Sie umfasst einen Bestand von mehr als 370 Algenstämmen aus 75 Gattungen mit 125 Algenarten, von denen viele bisher in der Wissenschaft noch nicht beschrieben sind.

Forscher haben die Algenstämme in eine stabile Massenkultur überführt

Dem Team um Dr. Thomas Leya, dem Leiter der Arbeitsgruppe »Extremophilen-Forschung & Biobank CCCryo« am Fraunhofer IBMT, ist es nach einigen Forschungsreisen gelungen, Algenstämme in eine stabile Massenkultur zu überführen und so einer industriellen Nutzung zugänglich zu machen. Sie alle liegen darüber hinaus in einer für unser Institut zum Markenzeichen gewordenen Kryobiobank im Kälteschlaf langzeitkonserviert vor. Wir bieten Algenstämme mit besonderen Eigenschaften an, wie der Produktion von Bioreagentien (langkettige Karotinoide, Antioxidantien, Pigmente), Gefrierschutzproteinen oder der Ausscheidung spezieller Gele. Die Zahl der Interessenten wächst jährlich, was eine permanente Erweiterung der Fraunhofer-Algensammlung erfordert. So müssen wir zwangsläufig von Zeit zu Zeit das Polargebiet, das Habitat der Kryophilen, aufsuchen.

Ist denn auch eine medizinische Anwendung denkbar? Auch das untersuchen Thomas Leya und seine Kollegen intensiv. Besonders interessant sind eisstrukturierende Proteine (ISP-Ice Structuring Proteins), das sind Stoffe, die sich spezifisch an die wachsenden Fronten von Eiskristallen binden und so deren Morphologie modifizieren können. Diese ISP werden in einem Teil der Schneealgen aus der »CCCryo«-Sammlung gebildet und können bereits auf Kundenwunsch produziert und isoliert werden. Einsetzbar sind die ISP möglicherweise bei der Kryokonservierung. Sie haben aber vermutlich noch eine ganz andere Funktion, als bisher gedacht. So weiß man aus jüngsten Sequenzanalysen, dass sich ein Teil der ISP-Gene aus Genen für antifungale Proteine entwickelt haben. Es scheint also einen Zusammenhang zwischen einem Abwehrstoff gegen Pilze und den isolierten ISP mit ihrer besonderen Wirkung auf das Eiswachstum zu geben. Eine natürliche Substanz mit antibiotischer Wirksamkeit ist für die Medizin natürlich immer interessant.

Eine andere Molekülgruppe sind die ungesättigten Omega-3-Fettsäuren. Diese haben einen positiven Effekt auf den menschlichen Stoffwechsel und werden von der Industrie längst in großem Umfang produziert und als Nahrungsergänzungsmittel in den Handel gebracht. Sie kommen beispielsweise in Meeresfischen vor. Nur sind Omega-3-Fettsäuren auf diese Art umständlich zu gewinnen. Die Fische produzieren die Omega-3-Fettsäuren ja nicht selbst, sondern nehmen sie über ihre Nahrung mit Krebstieren und Meeresalgen auf. Es ist also viel effizienter, diese Stoffe gleich am Anfang der Nahrungskette zu gewinnen. Viele wertvolle Substanzen stammen übrigens aus Algen – es könnte also viel schneller und technologisch günstiger funktionieren, mittels Sonnenlicht den gesuchten Stoff durch die grünen Einzeller produzieren zu lassen.

Doch Vieles ist noch rätselhaft: Die diesjährige Expedition der IBMT-Forscher in Kooperation mit der Helmholtz-Gemeinschaft und industriellen Partnern auf einem kleinen norwegischen Küstenschiff diente neben der Sammlung weiterer Stämme vor allem der Erforschung der Ausbreitungsstrategien von Algen. Warum findet man in manchen Gegenden ausgeprägte rote Schneealgenfelder, an anderen Orten mit viel Schnee und scheinbar günstigen Bedingungen aber nicht? Die Frage klingt simpel, doch ist sie von grundsätzlicher Bedeutung für eine stabile Nachzucht im Labor und erst recht für eine industrielle Nutzung in größerem Maßstab.

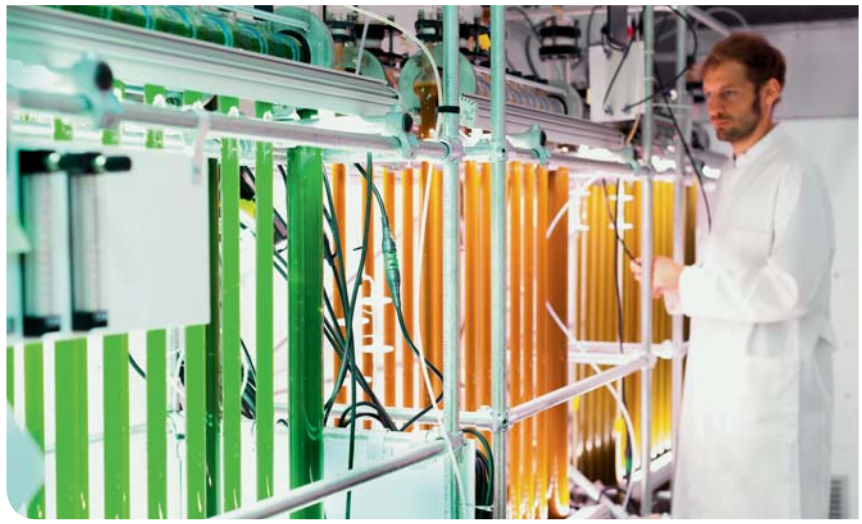
Die Arbeitsgruppe »Extremophilen-Forschung & Biobank CCCryo« hat in den vergangenen Jahren bereits mehrere Faktoren wie Nährstoffgehalte, Himmelsausrichtung, die Nähe zu Vogelkolonien als Nährstoffquelle sowie den pH-Wert des Schmelzwassers untersucht. Doch bislang ließ sich noch kein eindeutiger Zusammenhang zur Schneealgenblüte feststellen.

In diesem Jahr nun ein ehrgeiziger Plan: Die Gruppe will, wenn die Wetterverhältnisse es einigermaßen gestatten, Spitzbergen umrunden und auch die östlich davon gelegenen Inseln erreichen, um sich über die geologischen Bezüge und die Orte mit größerer Algenblüte Klarheit zu verschaffen. Deshalb war auch ein Geochemiker mit an Bord. Insbesondere die dem Golfstrom abgewandte, deutlich kältere Ostseite Spitzbergens sollte hier den notwendigen Aufschluss geben. Dieser Ansatz scheint sich, wie die Forscher bereits jetzt wissen, zu bestätigen. Auffallend sind durchweg saure pH-Werte auf den Schneealgenfeldern. So bevorzugen die Algen Gebiete, die auf sauer reagierenden Gesteinen wie Schiefer oder Gneis liegen. Diese prägen die Schmelzwassereigenschaften, die Art der Nährstoffe, also ob organischer oder anorganischer Natur, spielt dabei primär keine Rolle. Das hat Dr. Jens Klump, Geochemiker vom Deutschen Geoforschungszentrum am Helmholtz-Zentrum Potsdam, festgestellt. Das Phänomen »Roter Schnee« tritt hauptsächlich an der Westküste, der Wetterseite der Inseln des Svalbard-Archipels sowie weit oben auf den Gletscherkuppen auf. Zur Algenblüte braucht es über das Jahr hinweg offenbar ausreichend Niederschlag.

Hightech an Bord

Wenn Fraunhofer-Wissenschaftler reisen, dann mit Hightech. Im Unterdeck des Expeditionsschiffs wurde ein komplettes biologisches Labor mit Mikroskop, Messplatz für chemische Parameter und diversen Analysegeräten installiert. Für die Sequenzierung des Genoms und die weitere Kultur im Institut müssen die gesammelten Algenproben lebend durch den Sommer Europas nach Deutschland transportiert werden. Das ist eine Herausforderung, da die Zellen bei Erwärmung absterben. Also werden spezielle Kühlbehälter eingesetzt. Mit an Bord war auch ein ferngesteuerter Hubschrauber samt Kamera. So erhielten wir Übersichtsaufnahmen der Schneefelder und konnten sogar Gletscherbereiche erkunden, welche man nie betreten kann. Zudem offenbaren sich aus der Luft Einzelheiten und Algenverteilungen, die sich aufgrund der großen Ausdehnung der Schneefelder vom Boden aus nicht erkennen lassen. Denn eine Hypothese dieser Forschungsreise war, dass die Topographie und die durch das umliegende Gestein beeinflusste Hydrochemie Hauptfaktoren für das Auftreten des Phänomens der Schneealgenblüte sind.

Das alles klingt bis hierher zwar exotisch, auch ein wenig wie eine der Touristenreisen und so gar nicht vergleichbar mit den eingangs genannten frühen Polarunternehmungen voller Gefahren, Entbehrungen und Überraschungen. Das ist aber auch gut so und Voraussetzung für alle Unternehmungen aus Instituten der öffentlichen Hand. Doch ganz so harmlos ist die Felderkundung auch nicht. Im Unterschied zur Antarktis, wo kein Landraubtier dem Menschen gefährlich werden kann, beherrscht der Eisbär den Nordbereich und auch Spitzbergen unangefochten. Er, der König der Arktis, lebt in rund 3400 Exemplaren auf diesem eiszeitlichen Archipel, steht ganzjährig unter Schutz und muss bei jedem Landgang – noch dazu so weit ab von jeder Ansiedlung – berücksichtigt werden. »Der Eisbär ist ein kühner Jäger, … der dem Tiger gleich, lautlos seine Beute schlägt. Großartig angepasst an seine polare Heimat, nötigt er uns uneingeschränkte Bewunderung ab«, wie Julius von Payer in seinen Expeditionsberichten von 1870/71 schreibt. Aber unter Umständen fällt er auch den Menschen an. Deshalb ist die Mitnahme einer Waffe und von Signalpistolen Pflicht, um sich im Falle eines überraschenden Angriffs zur Wehr setzen zu können. Ein Schuss ist allerdings die allerletzte Möglichkeit, sich vor den Bären zu schützen. Gefordert ist permanente Aufmerksamkeit, damit man sich frühzeitig zurückziehen kann, um den Eisbären weder zu stören, noch zu animieren. In den vergangenen Jahren hatte keine der IBMT-Gruppen eine Bärenbegegnung. Doch das sollte in diesem Jahr ganz anders werden: Das Expeditionsteam begegnete nicht weniger als 18 Bären! Dank umsichtigem und vielfach geübtem Verhalten konnten jedoch gefährliche Situationen den Tieren vermieden werden.



Schneealgenmassenkultur am Fraunhofer IBMT in einem »linked column«-Photobioreaktorsystem. Links im Bild sind grüne Schneealgen in der aktiven Wachstumphase und rechts in der roten, Carotinoid-produzierenden Stressphase zu sehen. © *Tobias Marschner*

Nach vierwöchiger intensiver Feldarbeit kehrt das fünfköpfige Team wohlbehalten, mit reichlich Proben im Gepäck sowie neuen Erkenntnissen nach Potsdam-Golm zurück. Noch immer hat der »Blutschnee«, der mittelalterliche Seefahrer in Schrecken versetzte, nicht alle Geheimnisse offenbart. Die Wissenschaftler sind jedoch einen wesentlichen Schritt vorangekommen. Die umfangreiche Arbeit des Klonierens und Charakterisierens der unzähligen Algenproben wird gut zwei Jahre in Anspruch nehmen. Am Fraunhofer IBMT werden die verschiedenen Isolate zunächst von Kontaminationen gereinigt, dann bezüglich ihrer Wachstumsansprüche und Inhaltsstoffe charakterisiert. Gelingt die Massenvermehrung in großen Glasrohrfermentern, einem weiteren Technologiefeld des IBMT, wird nach möglichen Anwendungen für die Industrie gesucht. In den Kühlschränken und Kältekammern in Golm lagern bald weitere 50 Stämme – gesammelt in einem arktischen Sommer auf dem ewigen Schnee dieser Welt. Ein großer, kalter Schatz für die angewandte Forschung. ■

Besuchen Sie uns auf
der Learntec 2014!
Halle 1, Stand C74

WERDEN SIE AUTOR MIT DER iACADEMY!

- erstellen Sie eigene Lerninhalte für das iPad
- besuchen Sie unseren iAcademy Store
- mehr Infos unter: **www.iacademy.mobi**

Fraunhofer
ACADEMY

Implantierter Infektionsschutz

Klinikkeime können tödlich sein, weil sie resistent sind gegen Antibiotika. Alternative Methoden zur Bakterienabwehr sind gefragt. Einem deutsch-französischen Forscherteam ist es gelungen, Knochen-Implantate zu entwickeln, die Keime auf Distanz halten.

Text: Monika Weiner

Die Zahlen sind alarmierend: Hunderttausende von Patienten infizieren sich jährlich in deutschen Krankenhäusern mit Keimen, die resistent sind gegen alle gängigen Antibiotika. Die Folge: Die Genesung verzögert sich, Wunden bleiben offen, Entzündungen breiten sich aus, schwächen den Organismus und führen mitunter sogar zum Tod. Nach Schätzungen des Robert-Koch-Instituts sterben in Deutschland jeden Tag mindestens vier Menschen an einer Krankenhausinfektion, Tendenz steigend.

Pharmazeutisch ist das Problem kaum in den Griff zu bekommen: Die Entwicklung neuer Antibiotika ist teuer, aufwändig und langwierig. Kommt der Wirkstoff dann endlich auf den Markt, dauert es nicht lange, bis die Keime mutieren und neue Resistenzen bilden. Ein Wettlauf wie bei Hase und Igel, den die Forscher nicht gewinnen können.

Auch, wenn Chirurgen Knochenersatzstoffe implantieren, kann es passieren, dass Keime in den Körper eindringen. Infektionen am Knochen sind besonders problematisch, weil sie sich nur schwer behandeln lassen – Antibiotika, die vom Blut durch den Körper transportiert werden, erreichen die Implantate nur in sehr geringen Konzentrationen. »Am besten wäre es, Infektionen von vornherein zu vermeiden, indem man die Implantate mit einem antimikrobiellen Schutzschild versieht«, erklärt Dr. Iris Trick, Mikrobiologin vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB. Zusammen mit Materialwissenschaftlern am französischen Institute Carnot CIRIMAT in Toulouse hat das Fraunhofer-Team einen Knochenersatzstoff mit integriertem Infektionsschutz entwickelt.

Wo Bakterien keine Chance haben

Auf den ersten Blick erinnert das feinkörnige Implantat an Mehl. Erst unterm Mikroskop erkennt man, was in ihm steckt: Die einzelnen Körnchen des Granulats bestehen aus Apatit-Kristallen. Diese gleichen in Aufbau und Struktur dem natürlichen Knochenmaterial, das aus denselben chemischen Elementen gebildet wird – Kalzium und Phosphor. Chirurgen setzen solche Apatit-Granulate schon seit Jahren ein, wenn sie beispielsweise bei Patienten, die einen Unfall hatten, Knochenteile rekonstruieren oder die Heilung beschleunigen wollen.

Tatsächlich wird Apatit vom menschlichen Körper als Baumaterial erkannt und eingebaut, wenn sich beispielsweise nach einem Bruch neues Knochenmaterial bildet. Das Granulat ist damit ein idealer Stoff für Implantate. Um Komplikationen zu verhindern, beschichten einige Hersteller ihre Knochenersatzstoffe mit Antibiotika. Ein hundertprozentiger Schutz ist das freilich nicht, denn resistente Keime können sich dennoch ausbreiten.

»Wir wollten einen anderen Weg gehen«, berichtet Dr. Michaela Müller, die Chemikerin der interdisziplinären Forscher-Gruppe am IGB.« Unser Ziel war es, mit natürlichen Stoffen Bakterien auf den Kalziumphosphat-Kristallen zu vermindern, zu unterdrücken oder abzutöten.« Im Projekt »Biocapabili« – die Abkürzung für Biomimetic Calcium Phosphate Anti-bacterial Bone Implants for Local-infection Inhibition – hat das internationale Team mit verschiedenen Stoffen und Verbindungen experimentiert: Silber-, Kupfer- und Zinkionen beispielsweise, aber auch Enzymen und Peptiden, die Bakterien zersetzen. Den französischen Forschern ist es gelungen, Metallionen in die Apatit-Kristalle einzubauen.

Den Nachweis, dass das fertige Pulver tatsächlich vor Infektionen schützt, erbrachten die Biologen in Stuttgart: Im Labor des IGB hat Iris Trick die Proben auf Mikrotiterplatten mit verschiedenen Bakterienarten – darunter verschiedene Staphylococcus-Arten, die zu den häufigsten Klinikkeimen gehören – infiziert und anschließend mehrere Tage bebrütet. Ergebnis: In unmittelbarer Umgebung des Apatits war die Bakterienzahl um mehr als 90 Prozent reduziert.

Als ebenso wirkungsvoll entpuppte sich eine Protein-Beschichtung, die das Fraunhofer-Team realisiert hat: »Apatit-Granulate und -Pellets lassen sich mithilfe von Peptiden vor Bakterien schützen.« Diese Peptide werden auch vom menschlichen Körper gebildet, um Infektionen zu bekämpfen. Die neue Beschichtung hat den Härtetest in der mikrobiologischen Prüfung ebenfalls bestanden: Die gefährlichen Bakterien konnten sich an der Oberfläche der Pellets und Granulate nicht vermehren. Damit war bewiesen, dass sich mit der Peptidbeschichtung antibakterielle Knochenimplantate herstellen lassen.

Erst die Dosis macht das Gift

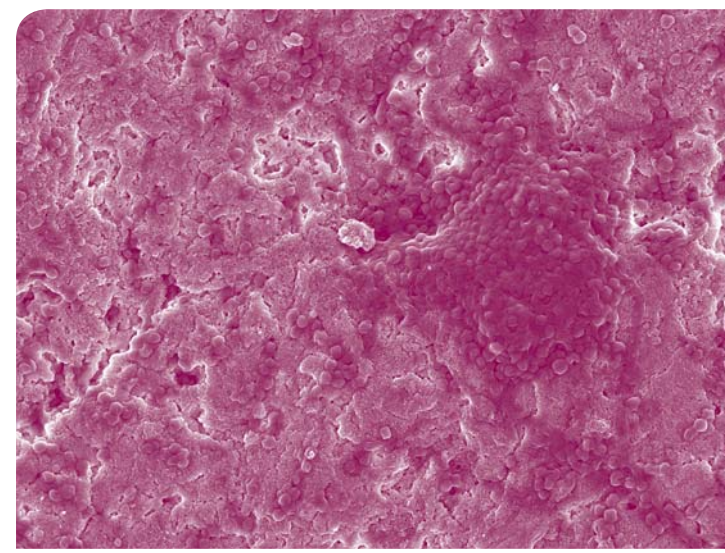
»Die antibakterielle Wirksamkeit allein ist in der Medizin jedoch nicht alles«, erklärt Dr. Anke Burger-Kentischer, Gruppenleiterin Molekulare Zelltechnologie am Stuttgarter Fraunhofer-Institut. »Bevor ein Produkt in der Praxis eingesetzt werden darf, muss sichergestellt werden, dass es dem Patienten nicht schadet.« Den ersten Schritt haben die Forscher schon gemacht: Auf Mikrotiterplatten wurden menschliche Zellkulturen den Implantatproben ausgesetzt. »Mithilfe dieser Zytotoxizitätstests konnten wir ermitteln, wie viel Metallionen, Enzyme oder Peptide im Granulat die Zellen vertragen«, resümiert Burger-Kentischer.

Die klinischen Untersuchungen, die als nächstes anstehen, will das deutsch-französische Forscherteam in Zusammenarbeit mit der Industrie durchführen. Interessenten haben sich schon gemeldet. Kein Wunder, meint Iris Trick: »Die Zahl der multiresistenten Keime wird in Zukunft noch steigen. Da hat ein Produkt, das Infektionen verhindert und gleichzeitig den Genesungsprozess beschleunigt, gute Marktchancen.« ■

Ob und wie stark Substanzen antimikrobiell wirken, haben die Forscher in einem Screening untersucht. Das Knochenersatzmaterial wird dabei mit verschiedenen Bakterienarten versetzt. © *Frauhofer IGB*

60 Jahre IGB

Grenzflächen sind ganz besondere Orte: Kontaktstellen, an denen etwas geschieht, an denen man sich begegnet, wo aber auch Neues entstehen kann. Um mehr über diese oft nur wenige Atomlagen dünnen Übergangsbereiche zu erfahren, wurde 1953 in Kirchheimbolanden in der Pfalz ein kleines Forschungslabor für Physik und Chemie der Grenzflächen gegründet. 1962 integrierte die noch junge Fraunhofer-Gesellschaft das Labor. Es nannte sich nun »Fraunhofer-Institut für Physik und Chemie der Grenzflächen«. Sieben Jahre später zog das Forscherteam an den Hochschulstandort Stuttgart um. Dort beschäftigte man sich zunehmend auch mit Verfahrenstechnik. Dies sollte dem Institut seinen heutigen Namen geben: Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik. 1981 wurde das IGB Teil des Fraunhofer-Campus in Stuttgart-Vaihingen. Heute arbeitet ein interdisziplinäres Forscherteam an Themen aus Medizin, Pharmazie, Chemie, Umwelttechnik und Energie.

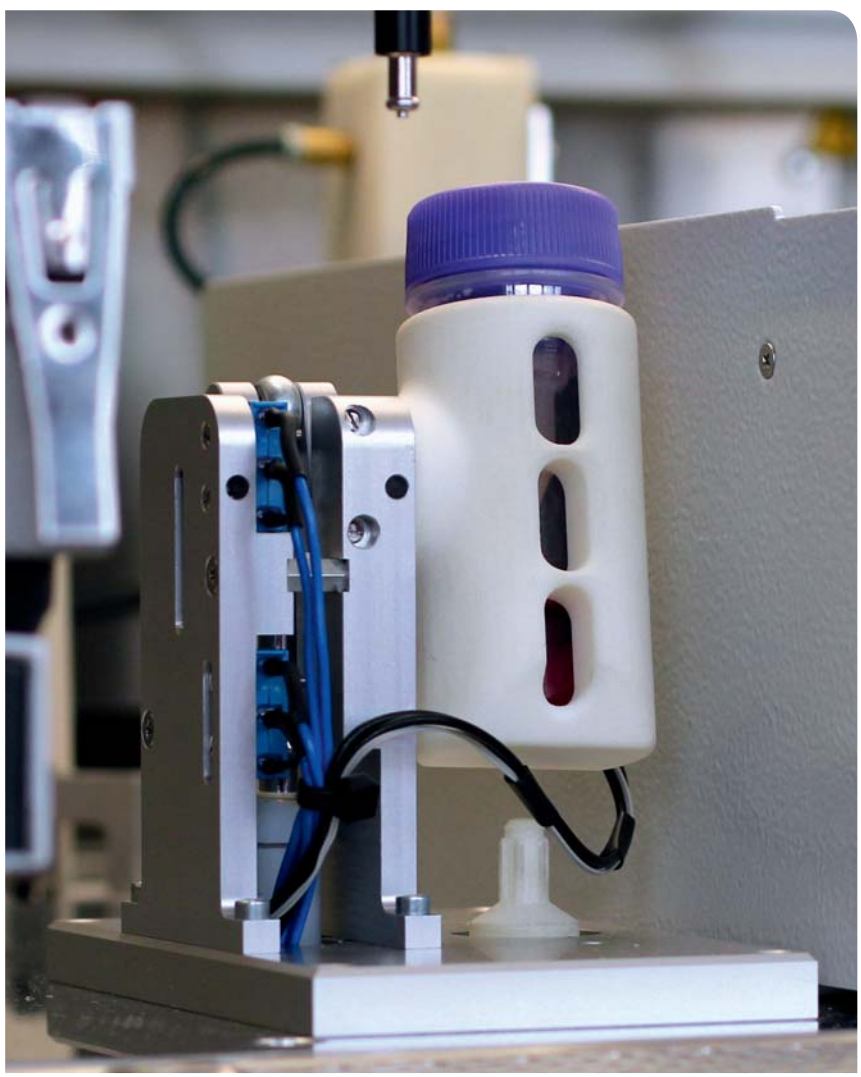


Auf der Oberfläche eines Kristalls aus Kalziumphosphatapatit, der nicht mit antimikrobiell wirksamen Substanzen modifiziert wurde, wachsen gefährliche Staphylococcus-Bakterien. © *Frauhofer IGB*

Maßgeschneiderte Chemotherapie

Ob ein Medikament bei einem Krebspatienten wirkt oder nicht, lässt sich vorab in Tests untersuchen. Doch die herkömmlichen Verfahren sind aufwändig und teuer. Forscher haben ein kostengünstiges, automatisiertes System entwickelt, mit dem Ärzte vor dem Start der Chemotherapie die individuell wirksamsten Zytostatika bestimmen können.

Text: Birgit Niesing



In diesem Modul werden die Gewebeproben automatisch zerkleinert.
© *Fraunhofer IPA*

Jedes Jahr erkranken in Deutschland fast eine halbe Million Frauen und Männer neu an Krebs. Etwa 221 000 Menschen sterben jährlich daran. Nach Herz-Kreislauferkrankungen ist Krebs damit die zweithäufigste Todesursache. Künftig wird die Zahl der Krebserkrankungen noch weiter steigen. Experten erwarten bis zum Jahr 2050 eine Zunahme von 30 Prozent. Um den Betroffenen besser und gezielter helfen zu können, muss die Behandlung effizienter werden.

Bei vielen Krebserkrankungen setzen Mediziner auf eine Chemotherapie. Die verwendeten Zytostatika sollen gezielt das Wachstum von Krebszellen verhindern. Doch die Betroffenen sprechen sehr unterschiedlich auf die verschiedenen Präparate an. Der Grund: Auch bei der gleichen Tumorart reagieren die Krebszellen von Patient zu Patient sehr verschieden auf die Arzneien. Was dem einen hilft, zeigt bei einem anderen Erkrankten kaum oder keine Wirkung. Mit in-vitro-Sensitivitäts-Tests kann man bereits vor der Therapie nach dem für den individuellen Fall wirksamsten Medikament suchen.

»Individualisierte Krebstherapie« als Teilaspekt der »Personalisierten Medizin« verfolgt das Ziel, vor Beginn einer Chemotherapie die individuell bestwirksamsten Zytostatika zu finden und so den Behandlungserfolg und damit die Lebensqualität des Patienten zu steigern«, erläutert Christian Reis, Leiter des Bereichs Bioprozesstechnik der Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA am Standort Mannheim. Allerdings sind die derzeitigen Verfahren sehr teuer und werden deshalb von den gesetzlichen Krankenkassen nicht gezahlt. So kommt dieser Ansatz der Personalisierten Medizin in der Tumortherapie nur selten zum Einsatz.

»Bislang werden die Untersuchungen meist manuell durchgeführt«, sagt Caroline Siegert von der Projektgruppe PAMB. Zunächst zerkleinern medizinisch-technische Assistenten eine Tumorprobe mechanisch und geben dann Enzyme hinzu, welche die Probe verdauen. Danach wird das Zell-Gemisch sieben Tage lang mit unterschiedlichen Zytostatika kultiviert. So lässt sich feststellen, welches Präparat am besten wirkt. »Da die verschiedenen Schritte von Hand gemacht werden, sind die Tests nicht nur sehr teuer, sondern auch störanfällig«, benennt die Biologin die

Schwachpunkte der bisherigen Verfahren. »Zum einen bringen manuelle Aufschlussmethoden nur eine geringe Ausbeute. Zum anderen enthält die untersuchte Probe neben den Tumorzellen meist viele weitere unterschiedliche Zelltypen, die Auswirkungen auf die Untersuchungen haben können«.

Automatisiert testen

Hier setzen die Forscherinnen und Forscher der Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie des IPA an. Sie haben gemeinsam mit ihren Kollegen der Universitäts-Frauenklinik Tübingen und der DITABIS Digital Biomedical Imaging Systems AG das automatisierte Testsystem »DiagnoSYS« entwickelt. Die Abkürzung »DiagnoSYS« steht für »Innovatives Diagnosesystem zur automatisierten Durchführung von Chemosensitivitäts-Assays«. Vor wenigen Wochen präsentierten die Forscher erstmals öffentlich einen Demonstrator von »DiagnoSYS« auf der Messe für Biotechnologie und Life Sciences »Biotechnica«.

Das Verfahren optimiert die bisherigen Chemosensitivitäts-Tests: Zunächst werden die Gewebeproben automatisiert mechanisch zerkleinert und enzymatisch aufbereitet.

Anschließend reichert das System die Tumorzellen an. Dazu nutzen die Forscher eine magnetische Zellseparation. Dabei werden Antikörper mit Magnetpartikeln versehen. Diese »magnetischen« Antikörper erkennen spezifische Strukturen auf der Oberfläche von Tumorzellen und binden daran. So lassen sich die Tumorzellen gezielt separieren. Anschließend werden sie mit verschiedenen Zytostatika kultiviert.

Um feststellen zu können, welche Medikamente die Zellen tatsächlich abgetötet haben und welche Arzneien nicht wirken, schließen die Forscher einen ATP-Lumineszenz-Assay an. Adenosintriphosphat (ATP) ist ein universeller Energieträger in lebenden Zellen. Je weniger ATP eine Probe enthält, desto wirkungsvoller ist die Arznei. Damit sich das ATP-Level bestimmen lässt, wird das Molekül durch einen Lumineszenz-Farbstoff quantitativ nachgewiesen. Der gesamte Prozess läuft automatisiert unter sterilen Bedingungen ab. Das erhöht die Qualität der Untersuchung und macht sie stabiler gegenüber manuellen Störeinflüssen. »Neben der erreichten Optimierung und Standardisierung ermöglicht die Automatisierung vor allem auch eine kostengünstige Tumoranalyse. So können künftig mehr Krebspatienten individuell zusammengestellte und optimal wirksame Chemotherapeutika erhalten«, erläutert Christian Reis.

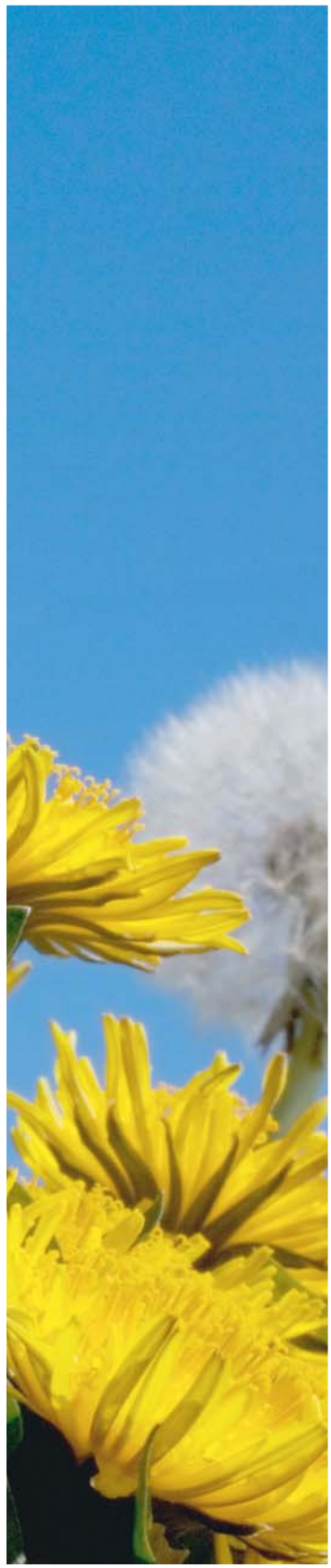
Wirksame Chemotherapie ermitteln

Das neue Verfahren kann sogar dabei helfen, Kosten im Gesundheitswesen einzusparen, da unwirksame Chemotherapien vermieden werden. Schon heute verursachen Krebskrankheiten in der Europäischen Union laut einer britischen Studie jährlich Kosten von 126 Milliarden Euro. 51 Milliarden Euro davon fallen direkt im Gesundheitssystem an. Frühes Ausscheiden aus dem Arbeitsleben sowie Folgewirkungen machen die restlichen Kosten aus. ■

Neue Zutat für Reifen

Forscher vom Fraunhofer IME haben es geschafft, Löwenzahnpflanzen zu züchten, die besonders viel Naturkautschuk in ihren Wurzeln produzieren. Ihre Erkenntnisse nutzen die Experten nun, um gemeinsam mit dem Automobilzulieferer Continental den Herstellungsprozess zur industriellen Reife zu führen.

Text: Tobias Steinhäußer



Aus dem Saft des Löwenzahns lässt sich Kautschuk gewinnen. © *MEV*

Wissenschaftler haben den Löwenzahn von einer Wild- in eine Nutzpflanze verwandelt, die besonders viel Naturkautschuk liefert. © *Fraunhofer IME*

Wer Autoreifen fertigt, muss ein gutes Gespür für die richtigen Zutaten haben, um die passende Gummimischung zu kreieren. Ein wichtiger Bestandteil ist Kautschuk. Er macht die Pneus elastisch, gibt ihnen das nötige Bremsverhalten und sorgt dafür, dass sie unterschiedlichen Witterungen und Straßenbelägen trotzen. Bis zu 45 Prozent kann der Anteil an Natur- und Synthese-Kautschuk betragen. Die begehrte Zutat Naturkautschuk wird hauptsächlich aus dem milchigen Saft des Kautschukbaums gewonnen. Das Wort »Kautschuk« kommt aus dem Indianischen und heißt nicht ohne Grund »Träne des Baums« (cao = Baum; ochu = Träne): Bauern gewinnen ihn, indem sie die Baumrinde anritzen und die »Latextränen« in Behältern auffangen, die direkt am Baum angebracht sind.

Für Reifenhersteller ist es jedoch nicht ganz einfach, an den begehrten Saft zu gelangen. Der Kautschukbaum wächst vor allem in der südlichen Hemisphäre, er ist sehr anfällig gegenüber Schädlingen und hat eine überaus lange Vegetationsperiode. »Aktuell müssen wir den Rohstoff über weite Wege importieren und sind abhängig von den Preisschwankungen auf dem weltweiten Naturkautschuk-Markt«, fasst Dr. Carla Recker von Continental die Herausforderungen zusammen. Die Chemikerin leitet die Abteilung »Expertenfeld Materialchemie« in der Reifensparte des Unternehmens. Sie kennt sich mit den Zutaten der Autoreifenfertigung aus: Zu ihren Hauptaufgaben gehört es, neue Rohmaterialien und Gummimischungen zu entwickeln.

Ertragreiche russische Sorte besonders geeignet

Seit Dr. Recker die Bekanntschaft mit Prof. Dr. Dirk Prüfer vom Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie IME gemacht hat, geht ihr eine ganz bestimmte Zutat nicht mehr aus dem Kopf: der Kautschuksaft der Löwenzahnpflanze. Die äußerst robuste Pusteblume – genauer gesagt, die russische Variante unserer einheimischen Sorte – liefert einwandfreie Rohstoffe für Reifen und kann hier in Deutschland angebaut werden – sogar auf Flächen, die für andere Nutzpflanzen nicht geeignet sind.

Dass sich Kautschuk aus der Wurzel des Wildkrauts gewinnen lässt, ist seit Mitte des vergangenen Jahrhunderts bekannt. Bis vor wenigen Jahren konnte man jedoch nicht an einen industriellen Einsatz denken. Es war kaum etwas über die einzelnen Sorten, deren Kautschukgehalt und die biologischen Mechanismen der Herstellung bekannt. »Die Wildpflanze lieferte einfach nicht genug Ertrag. Und in der Züchtung war sie sehr widerspenstig«, schildert Molekularbiologe Prüfer. Ihm und seinem Team gelang zusammen mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft nun der entscheidende Durchbruch: Die Forscher schafften es, besonders ertragreiche Pflanzen zu züchten und eine Pilotanlage im Labormaßstab zu bauen, mit der sich Naturkautschuk aus der Löwenzahnwurzel gewinnen lässt.

Schneller und gezielter züchten

Wie kam es dazu, nachdem das Thema mehr als 50 Jahre lange brach lag? Prüfer steht in mitten seiner Löwenzahnzüchtungen in einem Gewächshaus am Münsteraner Standort des IME und nimmt einen der Setzlinge samt Topf in die Hand: »Der Grund liegt in der modernen Molekularbiologie. Dank neuester Analysemethoden können wir heute viel schneller und gezielter züchten, als früher.« Unsere Vorfahren mussten immer komplette Vegetationsperioden abwarten, um die Ergebnisse ihrer Pflanzenkreuzungen auszuwerten. Ein sehr mühseliger und langwieriger Prozess. Die Entwicklung der Zuckerrübe von einer ersten Zuchtform in eine Nutzpflanze dauerte so beispielsweise mehr als 200 Jahre. Heute ersetzen Genanalysen an den Sprösslingen diese Vorgehensweise. »Bereits kurz nach der Aussaat lassen sich die Gene detailliert untersuchen. So haben wir schnell herausgefunden, welche genetischen Anlagen die Kautschukproduktion in der Löwenzahnwurzel fördern und welche sie behindern«, schildert Prüfer. Es gelang den Wissenschaftlern sogar, das Gen auszuschalten, das für die schnelle Gerinnung des Latex verantwortlich ist. In einer Pilot-Mahlanlage haben sie es geschafft, mehrere Kilogramm Kautschuk aus Löwenzahnwurzeln zu extrahieren – in der gleichen Qualität, wie die aus subtropischen Ländern importierte Variante des Kautschukbaums.

Autoreifen sind je nach Größe unterschiedlich schwer. Übliche Modelle für Pkws wiegen zwischen 7 und 15, die Pneus von Lkws zwischen 50 und 80 Kilogramm. »In manchen Exemplaren sind mehr als 20 Kilogramm Naturkautschuk enthalten«, erklärt Conti-Chemikerin Recker. Um diese Nachfrage zu befriedigen, sind Anlagen nötig, die den Kautschuk im Tonnenmaßstab produzieren. Für Löwenzahnpflanzen existiert eine derart große Fabrikation bislang noch nicht.

Gemeinsam wollen das Recker und Prüfer jetzt ändern. Seit Anfang Oktober 2013 läuft die Kooperation von Fraunhofer und Continental. Ziel ist es, innerhalb der nächsten fünf Jahre diese Produktionsstätte zu bauen und für die Herstellung von Autoreifen zu nutzen. Die ersten Testreifen mit Gummimischungen aus Löwenzahn-Kautschuk sollen bereits in den kommenden Jahren auf öffentlichen Straßen erprobt werden.

Industrielle Pilotanlage in Münster

Die Pilotanlage entsteht derzeit auf dem Gelände des IME in Münster. Gleichzeitig bauen die Partner mehrere Hektar besonders kautschukhaltigen Löwenzahns auf Feldern in Bayern und Sachsen-Anhalt an. Um den Rohstoffgehalt und die Blüteeigenschaften zu optimieren, züchten die Forscher parallel dazu neue Pflanzen, die einen noch höheren Kautschukanteil und Biomasseertrag aufweisen. »Unser Ziel ist es, eine reine Sorte zu kreieren, die sich durch einen stabil hohen Kautschukgehalt auszeichnet. Dafür wollen wir unser Wissen um die molekularbiologischen Prozesse und die Züchtung in den nächsten fünf Jahren weiter ausbauen«, wünscht sich Prüfer.

Bislang begegnet uns die gelb blühende Pusteblume als Wildkraut auf Wiesen, Wegrändern und in Gärten. Die meisten von uns nehmen sie hauptsächlich dann wahr, wenn sich ihre weißgräulichen Blüten in unseren Haaren und Kleidern verfangen oder wir sie spielerisch selbst durch die Luft pusten. Kinder füttern Kaninchen oder Meerschweinchen mit den grünen Blättern. Einige nutzen die heilende Wirkung bei Verdauungsbeschwerden und Völlegefühl oder machen aus den gelben Blüten leckere honigähnliche Brotaufstriche und Salate. Dank des Kautschukprojekts von Fraunhofer und Continental könnte die russische Variante des Löwenzahn künftig auch der Automobilindustrie schmecken: als günstige und umweltschonende Zutat für die Gummimischung in unseren Autoreifen. ■

Biomoleküle vom Band

Eiweiße im industriellen Maßstab ohne Zellen herzustellen – das ist das ehrgeizige Ziel der »Zellfreien Bioproduktion«. Mit dem Verfahren könnten sich biologische Wirkstoffe künftig schneller und sparsamer bereitstellen lassen, als mit herkömmlichen Techniken.

Text: Monika Offenberger

Man gebe einen Tropfen Nährlösung zum Saft ausgepresster Zellen, füge ein beliebiges Gen hinzu und ernte wenig später das gewünschte Protein – so lautet sehr verkürzt das Rezept der »Zellfreien Bioproduktion«. Wissenschaftler und Ingenieure aus acht Fraunhofer-Instituten haben in einem interdisziplinären Forschungsprojekt komplexe biotechnologische Verfahren entwickelt, die ohne Hilfe intakter Zellen ausgewählte Proteine produzieren (siehe Kasten).

Proteine sind echte Multitalente: Sie geben unserem Körper Masse und Struktur, fungieren als Signalübermittler und regeln alle lebenswichtigen Prozesse von der Atmung bis zur Zellerneuerung. Antikörper als Basis für Impfstoffe und Krebsmedikamente zählen ebenso zu den Proteinen wie Hormone, Wachstumsfaktoren oder Enzyme – darunter auch solche, die in der Lebensmittel-, Kosmetik- und Waschmittelindustrie zum Einsatz kommen. Schon heute lassen sich viele dieser Wirkstoffe in großem Maßstab biotechnologisch herstellen. Dazu werden Bakterien, Hefen, tierische oder pflanzliche Zellkulturen mit dem Gen für das gewünschte Protein ausgestattet. Dann kultiviert man die Zellen in Bioreaktoren massenhaft, bis sich schließlich das Protein daraus isolieren und reinigen lässt.

Ressourcen sparen

Viele dieser Schritte sind zeitaufwändig und teuer. Dazu kommt ein prinzipielles Problem: »Bakterien und andere lebende Zellen verbrauchen einen Teil der eingesetzten Ressourcen, um sich selbst zu erhalten – Ressourcen, die wir eigentlich für die Produktion wirtschaftlich relevanter Proteine einsetzen wollen«, betont Professor Frank Bier vom Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT in Potsdam. Als wissenschaftlicher Leiter des Projekts »Zellfreie Bioproduktion« will Frank Bier dieses Potenzial nutzen: »Wenn ich pro Jahr mehrere hundert Kilogramm eines pharmazeutischen Proteins produzieren möchte und dafür nur die Hälfte der Zellmasse bereitstellen muss, die bisher benötigt wurde, dann könnte ich eine Menge sparen«, so Biers Überlegung.

Wie realistisch diese Annahme ist, hat Elke Waldera in ihrer Masterarbeit untersucht. Sie verglich die bekannten Kosten eines Antikörpers, der heute mittels tierischer Zellen in industriellen Größenordnungen produziert wird, mit den

Die Biomoleküle werden bei der zellfreien Bioproduktion, anders als bei der herkömmlichen Methode, außerhalb lebender Zellen hergestellt. © *Alexander Raths/Fotolia*

Zellfreie Bioproduktion

Das Fraunhofer-Leitprojekt »Zellfreie Bioproduktion« ist Bestandteil des BMBF-Strategieprozesses »Biotechnologie 2020+«. Es unterscheidet sich von anderen Forschungsinitiativen durch die industrielle Ausrichtung mit dem Fokus auf einer kosteneffizienten Produktion der Biomoleküle: Die Verfahren werden schon während der Forschungsarbeit für die industrielle Massenproduktion optimiert. Dabei wird eine noch stärkere Verzahnung von Biotechnologie und Ingenieurkunst angestrebt, um neue Produktionsverfahren zu entwickeln oder bestehende Methoden ressourceneffizienter, kostengünstiger und umweltschonender zu gestalten.

An dem interdisziplinären Forschungsprojekt »Zellfreie Bioproduktion« sind folgende Fraunhofer-Institute beteiligt:

– Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT
– Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
– Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie ISIT
– Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM
– Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
– Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK
– Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie IME
– Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

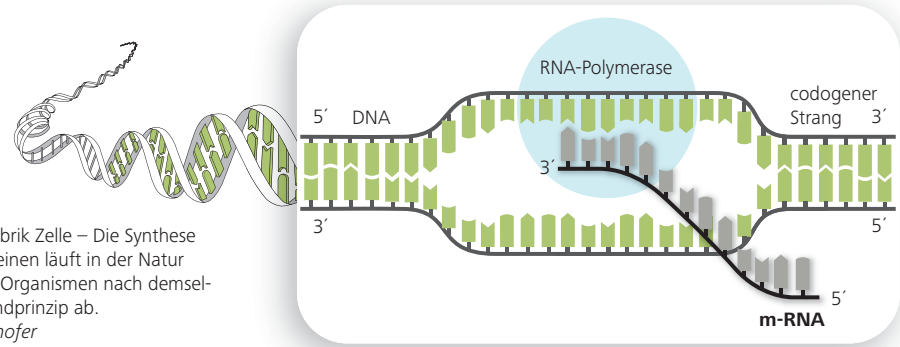
www.zellfreie-bioproduktion.fraunhofer.de

hochgerechneten Kosten seiner möglichen zellfreien Herstellung. Das Fazit: Zwar muss man in jedem Fall zunächst ähnliche Mengen an Energie und Rohstoffen aufwenden, um die benötigten Zellen anzuzüchten. Denn auch für die zellfreie Synthese werden anfangs Zellen gebraucht, die den Zellsaft samt seinen biologisch aktiven Bestandteilen – das Lysat – liefern. Doch die Produktion eben jenes Lysats, so zeigen Elke Walderas Modellrechnungen, ließe sich noch stark optimieren.

Deshalb ist Frank Bier überzeugt: »Sogar Proteine, die heute schon relativ leicht in großem Maßstab hergestellt werden können, lassen sich in Zukunft durch zellfreie Verfahren kostengünstiger und ressourcenschonender produzieren.« Die bisherigen biotechnologischen Verfahren haben einige Nachteile: Zahlreiche Proteine sind in Zellen schlecht oder gar nicht herzustellen, darunter die meisten Membranproteine. Sie machen gut ein Drittel aller bislang bekannten Eiweißstoffe des Menschen aus und sind von zentraler Bedeutung für die Vermittlung von Signalen ins Innere von Zellen. Membranproteine sind daher bevorzugte Zielstrukturen für spezifisch wirksame Medikamente und Therapieansätze. Kein Wunder, dass die Forscher nach neuen, effektiven Verfahren zur Synthese dieser Membranproteine suchen. Bakterien, die in vielen Bereichen der medizinischen und industriellen Biotechnologie eingesetzt werden, sind für die Herstellung nur bedingt zu gebrauchen. Mit tierischen Zellen, die den nötigen Syntheseapparat für Membranproteine von Natur aus besitzen, kann man die komplexen Proteine teilweise erfolgreich produzieren. Die Technik stößt jedoch an natürliche Grenzen: Zwingt man eine lebende Zelle dazu, große Mengen eines Membranproteins herzustellen, dann geht sie womöglich daran zugrunde, weil der Austausch mit der Umgebung nicht mehr funktioniert.

Jenseits der Zelle

Dieses Problem fällt bei den zellfreien Verfahren weg: Anstelle lebender Zellen wird dabei nur deren Syntheseapparat in Anspruch genommen. Dazu lösen die Fraunhofer-Forscher zunächst die Zellen auf. So gewinnen sie ein Gemisch, das alle zur Proteinproduktion notwendigen Komponenten enthält. Entscheidend sind neben verschiedenen Synthese-Enzymen auch biologisch aktive Organellen und Membranteile, die den



Proteinfabrik Zelle – Die Synthese von Proteinen läuft in der Natur bei allen Organismen nach demselben Grundprinzip ab.
© *Fraunhofer*

Zusammenbau der Proteine entsprechend ihrer genetischen Bauanleitung ausführen. Die gewünschten Gene kann man direkt dem Lysat zugeben und muss sie nicht erst ins zelleigene Erbgut einschleusen. Das spart Zeit und Geld, erklärt Dr. Steffen Rupp vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart: »Bei zellbasierten Systemen muss man sich erst einen geeigneten Vektor kaufen oder ihn selbst herstellen. Mit dem bringt man die DNA in die Zellen. Dann gilt es, die behandelten Zellen zu vereinzeln, wachsen zu lassen und nachzusehen, ob sie das Gen-Stück wirklich eingebaut haben. Das bedeutet je nach Organismus eine Woche bis mehrere Monate Vorlauf, bevor dann endlich die Proteinsynthese beginnen kann. Beim zellfreien System gebe ich einfach das entsprechend vorbereitete Gen als DNA-Stück ins Lysat – und schon kann es losgehen.«

Vom Labor in die Praxis

Das Prinzip der zellfreien Proteinsynthese ist nicht neu. Allerdings konnte man es bislang nicht für die industrielle Fertigung adaptieren. Genau dies hat sich nun das Fraunhofer-Konsortium vorgenommen. Die Idee ist aus dem Strategieprozess »Biotechnologie 2020+« des Bundesforschungsministeriums (BMBF) hervorgegangen und wird mit 15 Millionen Euro gefördert; weitere 6 Millionen Euro investiert die Fraunhofer-Gesellschaft. Seit Projektbeginn vor zwei Jahren ist viel erreicht worden. »Seit Projektbeginn im März 2011 haben wir eine Menge Energie darauf verwendet, geeignete Lysate zu produzieren, Messmethoden zu etablieren und Komponenten zusammenzustellen, um die Prozesse zu kontrollieren«, betont Frank Bier. Zunächst wurden automatisierte Zellernte- und aufschlussverfahren zur Herstellung von Lysaten aus Bakterien-, Tabak- und Insektenzellen entwickelt. Tiefgekühlt sind diese Lysate über viele Jahre hinweg lagerbar, wobei ihre Aktivität in vollem Umfang erhalten bleibt. Bei Bedarf lassen sie sich auftauen und anschließend vollautomatisch mit Aminosäuren und ausgewähltem Genmaterial befüllen, um so die Synthese spezifischer Proteine in Gang zu setzen.

»Jetzt geht es darum, die biologischen Prozesse, die wir im Labor schon gut im Griff haben, in ein industrietaugliches Reaktorsystem zu bringen«, so Frank Bier weiter. Derzeit erprobt man zwei Konzepte für die industrielle Anwendung. Das eine besteht aus kleinen Synthesekammern, in denen das Lysat über eine teildurchlässige Membran mit frischen Reaktionsbestandteilen beliefert und zugleich von störenden Stoffwechselprodukten befreit werden kann. Durch dieses Ver- und Entsorgungssystem lässt sich die Proteinsynthese mehrere Tage lang aufrechterhalten. Das andere System arbeitet mit Mikrofluidik: Die Abschrift der Gene in RNA und die eigentliche Proteinsynthese finden in getrennten Kompartimenten statt. Die Methode eignet sich besonders für Lysate aus Tier- und Pflanzenzellen, in denen die Prozesse ebenfalls räumlich getrennt verlaufen.

Um die Modellreaktoren zu entwickeln, arbeiten Biologen, Physiker, Maschinenbauer und Elektroniker aus den acht Fraunhofer-Instituten zusammen. »Durch diesen fächerübergreifenden Austausch sind wir in der Lage, verschiedene Systeme parallel zu untersuchen, die von anderen Forschergruppen normalerweise isoliert betrachtet werden«, sagt Tobias Brode vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart: »Dazu haben wir eine Screening-Plattform aufgebaut, auf der wir unter vergleichbaren Randbedingungen gezielt einzelne Parameter untersuchen können. So lässt sich eine Vorhersage darüber treffen, welche Parameter-Einstellungen für ein bestimmtes Zielprotein die besten sind. Hier kann man auch bestimmte Rohstoffe wie Aminosäuren oder Zucker nachführen, um zu sehen, wie das System darauf reagiert«, so der Wissenschaftler.

Ist auf der Screening-Plattform ein effizientes Verfahren gefunden, so lässt sich dieses auf einen der Modellreaktoren übertragen, um einige Milligramm herzustellen. Und das ist noch nicht alles: »Es geht nicht nur darum, das am besten geeignete Produktionssystem zu finden. Wir haben auch unsere künftigen Kunden im Blick«, erklärt IPA-Forscher Brode: »Denn man kann ja nicht allen dasselbe System anbieten, sondern muss die Parameter an das Zielprotein anpassen. Derzeit entwickeln wir eine Methode, wie sich das System mit wenigen Versuchen und geringen Kosten so einstellen lässt, dass es eine möglichst hohe Ausbeute und Laufzeit für das gewünschte Protein garantiert.« ■

Wieder und wieder verwerten

Ansprechpartner: Dr.-Ing. Markus Hiebel MSc, markus.hiebel@umsicht.fraunhofer.de

Die ALBA Group sparte im Jahr 2012 etwa 7,1 Millionen Tonnen Treibhausgase und fast 41,1 Millionen Tonnen Primärrohstoffe durch das Recycling von mehr als sieben Millionen Tonnen Wertstoffen. Dies zeigt eine Studie, die Forscher vom Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT im Auftrag des Recycling- und Umweltdienstleisters erstellten.

Sie haben am Beispiel von Metallen und Kunststoffen die Menge an abiotischen Rohstoffen ermittelt, die dank Recycling im Boden verbleiben. Abiotische Ressourcen sind der Natur entnommene, nicht erneuerbare und noch nicht bearbeitete Materialien. Bei der Rohstoffgewinnung werden Treibhausgase freigesetzt und endliche Georessourcen verbraucht. Jedoch gibt es große Unterschiede, je nach Rohstoffquelle. Primärrohstoffe gewinnt man aus natürlichen Lagerstätten. So muss Aluminiumerz beispielsweise aus der Erde geschürft, aufbereitet und transportiert werden. Sekundärrohstoffe lassen sich hingegen durch das Recycling von Produktions- und Konsumabfällen erzeugen und in den Wirtschaftskreislauf zurückführen.

Ein Beispiel: Das Unternehmen verwertete ungefähr 2,5 Millionen Tonnen Aluminium, Kupfer und Stahl im Jahr 2012 und sparte so ca. 38,6 Millionen Tonnen abiotische Rohstoffe. Das entspricht etwa sechsmal der Masse der Cheops-Pyramide in Ägypten.

Umweltverträglicher Schutz

Ansprechpartner: Professor Manfred Döring, manfred.doering@lbf.fraunhofer.de

Elektronik, Fahrzeuge, Textilien – in fast jedem Produkt sind Kunststoffe enthalten. Doch der Werkstoff brennt leicht. Ohne den Zusatz von Flammschutzmitteln brennt ein Fernseher beispielsweise in acht Minuten lichterloh. Flammschutzmittel können Brände verhindern und zudem die Ausbreitung des Feuers verzögern.

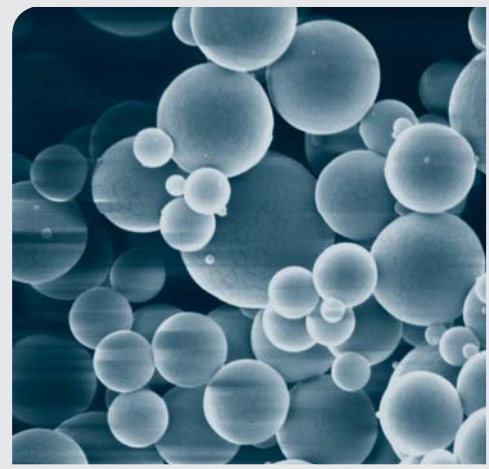
Mit neuartigen Verfahren stellen Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF umweltverträgliche Brandhemmer unter anderem für die Transport- und Baubranche sowie für elektrische und elektronische Anwendungen her. Die Mittel müssen viele zusätzliche Anforderungen erfüllen: Sie sollen für Menschen, Tiere und Pflanzen unbedenklich sein und bei einem Brand keine zusätzlichen toxischen Rauchgase freisetzen.

Die Forscher sorgen dafür, dass die Mittel nicht mit dem Kunststoff oder anderen Bestandteilen des Produkts unerwünscht reagieren und damit das Material verändert oder dessen Funktionalität und Aussehen beeinflussen. Flammgeschützte Berufskleidung etwa muss sich waschen lassen, ohne dass der Schutz dadurch beeinträchtigt wird.

Leiterplatten in elektronischen Geräten haben die Aufgabe, sowohl bei -40 °C als auch bei +60 °C über viele Jahre hinweg flammgeschützt funktionstüchtig zu bleiben, damit bei einem möglichen Kurzschluss kein Brand entstehen kann. Daher stimmen die Forscher das Mittel exakt auf den jeweiligen Kunststoff ab. Je nach Anwendung besteht der Schutz aus anorganischen, phoshor- und stickstoffhaltigen Verbindungen.

Viele Steckerleisten sind brandgefährlich – bei hohem Stromfluss überhitzen sie. Flammschutzmittel in der Leiste können Brände verhindern oder die Ausbreitung von Feuer verzögern. © *Fraunhofer LBF*

Oberflächenmodifizierte Partikel, aufgenommen mit einem Rasterelektronenmikroskop. © *Fraunhofer IGB*



Chronische Wunden heilen

Ansprechpartnerin: Dr. Michaela Müller, michaela.mueller@igb.fraunhofer.de

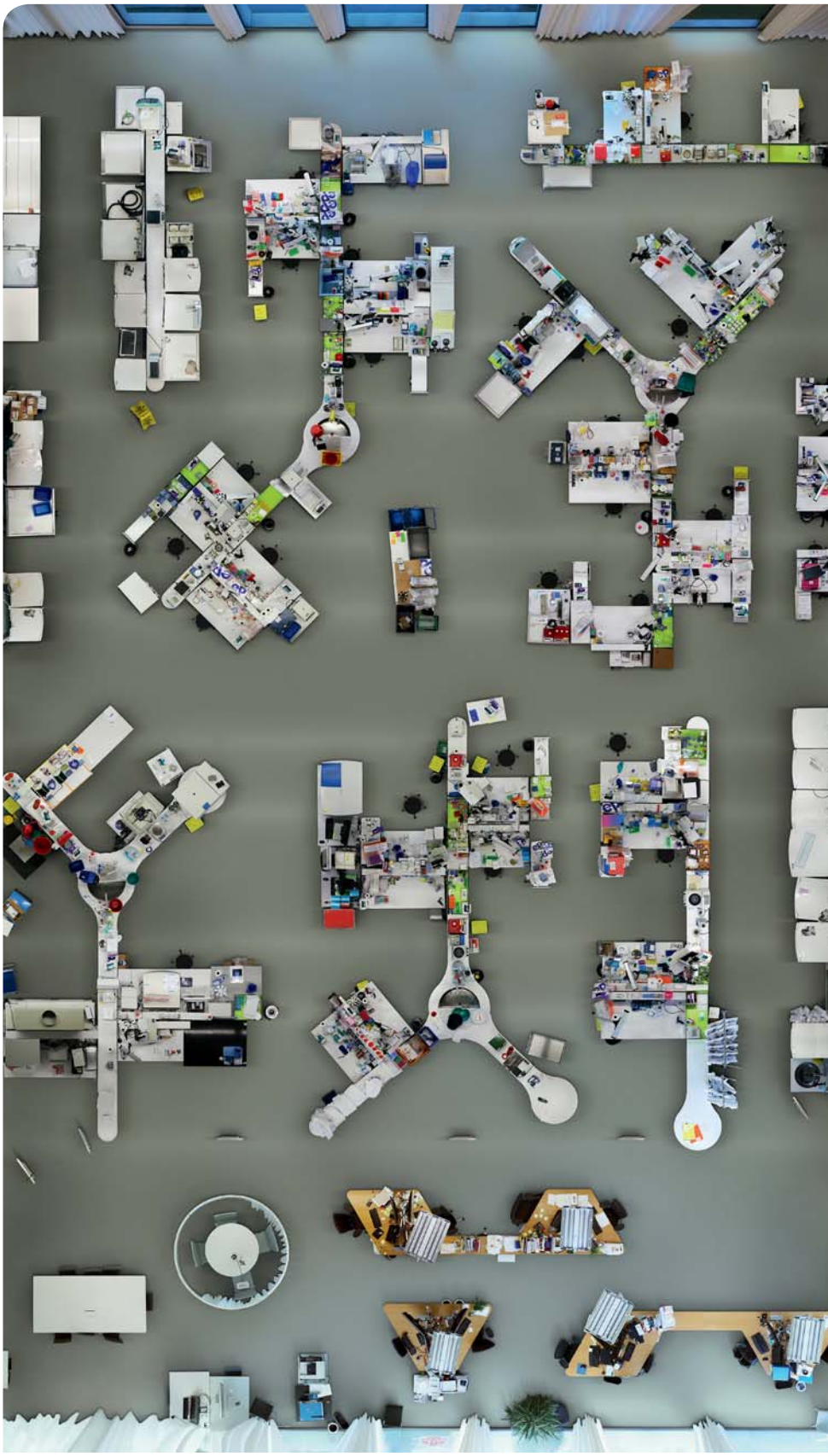
Viele Menschen plagen sich mit chronischen Wunden, die nach sechs bis acht Wochen noch nicht verheilt sind. Nach Schätzungen leiden in der Bundesrepublik Deutschland derzeit etwa 750 000 bis 1,5 Millionen Menschen an einem Geschwür durch Wundliegen, ein bis zwei Millionen Menschen an einem offenen Bein und zwischen 400 000 und 600 000 Zuckerkranke an einem diabetischen Fuß. Zudem sind zahlreiche Patienten wegen Bestrahlungs- und schlecht heilenden Operationswunden in Behandlung. Die Verletzungen werden zusätzlich häufig durch Keime infiziert, was wiederum die Heilung verzögert oder sogar unmöglich macht.

An neuen Therapieformen arbeiten Forscher vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB. Sie entwickeln innerhalb des Fraunhofer-Übermorgen-Projekts SKIN HEAL neue multifunktionale Oberflächenmodifizierungen. Ihre Kollegen vom Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC stellen dafür als Basis die bereits zugelassenen Kieselgel-Vliesmaterialien zur Verfügung, die den Heilungsprozess positiv beeinflussen.

Durch die Anbindung von Aminogruppen, mithilfe von Plasmaverfahren oder chemischer Gasphasenabscheidung, wurden die Vliesoberflächen bereits so modifiziert, dass primäre humane Hautzellen besser anhaften und wachsen.

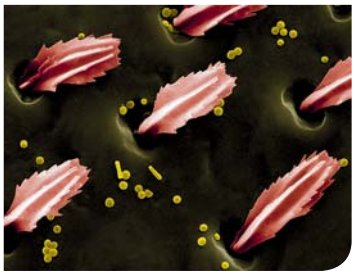
Perspektiven-wechsel

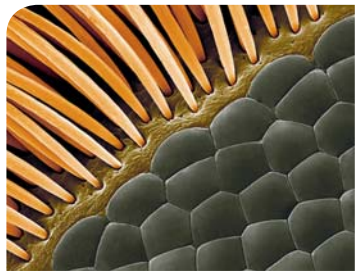
Zum achten Mal wurde der »deutsche preis für wissenschaftsfotografie« vergeben. Er ist mit insgesamt 20 000 Euro dotiert. Aus den 95 Einsendern wählte die Jury unter dem Vorsitz des renommierten Fotografen Wolfgang Volz vier Preisträger aus.

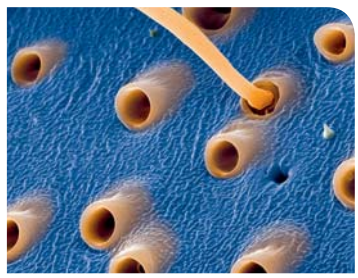


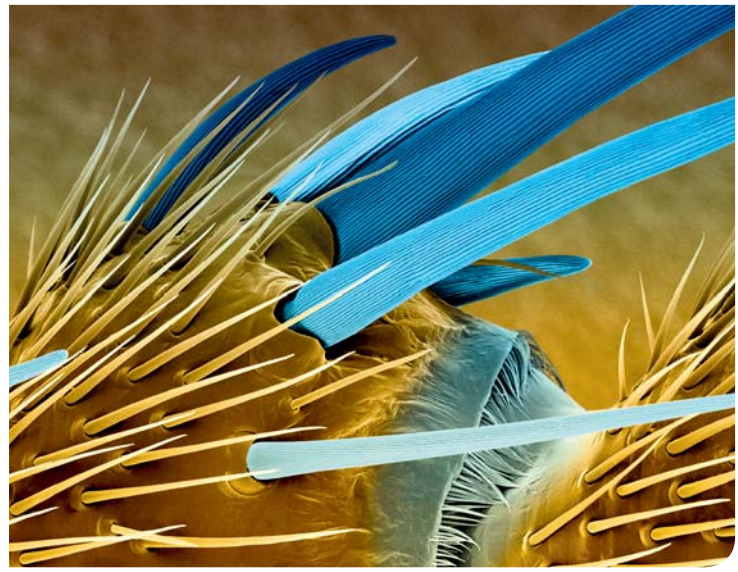
»Fotografischer Modellbau«
Menno Aden
Erster Preis Einzelfoto

Ein modernes Biolabor aus der Vogelperspektive. Das Foto besteht aus 600 Einzelaufnahmen, die unterhalb der Labordecke mit Stativ und Fernauslöser gemacht und am Computer wieder zu einem Bild zusammengesetzt wurden. Das fertige Werk zeigt uns eine Wirklichkeit, die wir kennen, aber so nie sehen können.







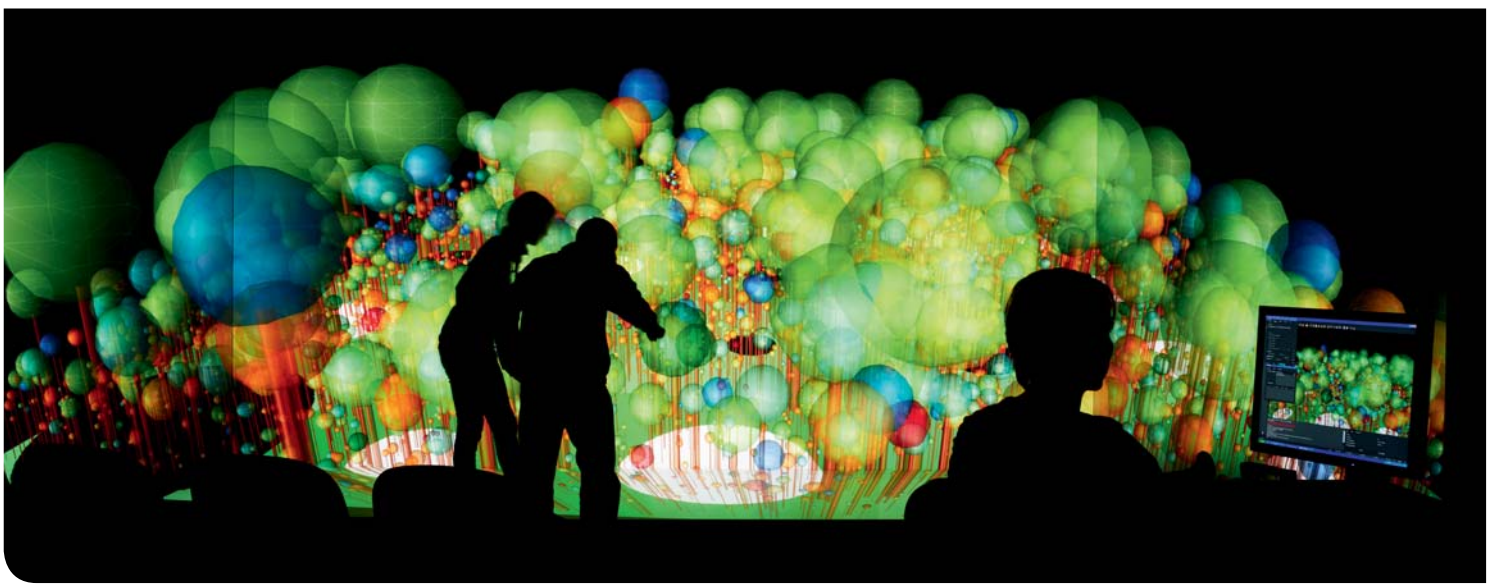


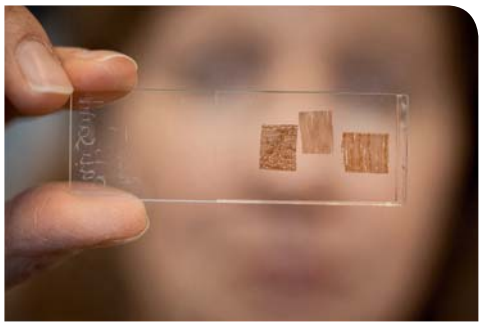
»Wundersame Mikro-Landschaften«
Viktor Sykora
Preis Mikro-/Makrofotografie

Die in einem Raster-Elektronen-Mikroskop aufgenommen und kunstvoll kolorierten Fotos, zeigen Details von Insekten wie Kopf, Auge, Fühler, Flügel und Beine. Dem Fotografen, Biologe an der Medizinischen Fakultät der Karls-Universität Prag, geht es »vor allem um die Ästhetik der Bilder.«

»Virtueller Nutzwald«
André Künzelmann
Zweiter Preis Einzelfoto

Mit Simulationsmodellen können Wissenschaftler die Rolle der Wälder beim Klimawandel herausfinden und berechnen wie sich unterschiedliche Bewirtschaftungsformen auf die Kohlenstoffbilanz der Wälder in Zukunft auswirken werden. Die verschiedenen Farben stellen bestimmte Baumarten dar.





»Die etwas andere Bibliothek«
Ilja C. Hendel
Reportagepreis

Die Holzbibliothek in Hamburg mit circa 37 500 Holzmustern und 50 000 mikroskopischen Schnittpräparaten ist eine der drei größten wissenschaftlichen Holzsammlungen der Welt. Die Wissenschaftler des Thünen-Instituts unterstützen unter anderem den Zoll, Importeure und Händler von Holz- und Holzprodukten bei der Bestimmung der Holzart. Zukünftige Herausforderung und Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten ist der Herkunftsnachweis von Hölzern.

Sponsoren

bild der wissenschaft
Pressebüro Brendel
Fraunhofer-Gesellschaft
Universität Bremen
Haus der Wissenschaft Bremen
supress-redaktion.de

Fotopreis 2014

Einreichen dürfen Sie nur Aufnahmen, die bisher noch nicht prämiert wurden. Die detaillierten Ausschreibungsbedingungen können Sie anfordern bei:

bild der wissenschaft
»deutscher preis für wissenschaftsfotografie«
Ernst-Mey-Straße 8
70771 Leinfelden-Echterdingen
Deutschland
www.wissenschaft.de/fotopreis

Einsendeschluss ist der 31. Juli 2014

Forum
ElektroMobilität e.V.

KONGRESS

11.-12. März 2014

SpreePalais am Dom, Berlin

www.forum-elektromobilitaet.de

JETZT ANMELDEN!

powered by

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Fraunhofer

Spin-offs

Leuchtende Aussichten

Die Entwicklung der LED birgt eine Vielzahl an Möglichkeiten für neue Lichtkonzepte. Die polyscale GmbH & Co. KG, eine Ausgründung des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen, setzt auf flächige Lichtleiter: Speziell strukturierte Kunststoffplatten werden über die Kanten per LED mit Licht gespeist. Die Strukturen brechen das Licht gezielt und stahlen es homogen ab. Das System ist hoch effizient. Die planaren Leiter können das Licht aber auch gerichtet abgeben, beispielsweise, wenn die Beleuchtung blendfrei sein muss. Die Technologie wurde am Fraunhofer IPT im Zuge eines Forschungsprojekts entwickelt und von der Firma polyscale in marktreife Produkte überführt.

»Der Trick sind die Strukturen – die Wahl ihres Typs, ihrer Größe sowie die spezielle Kombination der Strukturen auf der Fläche sorgen für eine hohe Leistungsfähigkeit«, erläutert polyscale-Geschäftsführer Tobias Wersig, der das Spin-off Anfang 2012 zusammen mit Christoph Baum gegründet hat. Diese Leistungsmerkmale, gepaart mit äußerst dünnen Substraten ab 0,5 mm Stärke, bilden den Wettbewerbsvorteil für das Unternehmen.

Die polyscale liefert Lösungen für unterschiedliche Branchen – etwa für Büro- & Geschäftsausstattung, Wohnraumbeleuchtung, Möbelleuchten oder im Laden- & Messebau. Großes Potenzial bietet zudem die Automobilindustrie: Neben der Leistungsfähigkeit des Systems sind hier geringer Bauraum und wenig Gewicht gefragt. Die Lichtleiter eignen sich auch für die Hinterleuchtung von Bauteilen und Komponenten – zum Beispiel in Firmenlogos, Hinweisschildern oder in Spielwaren.

Die neue Technologie ist auch für zahlreiche weitere Anwendungen interessant. Zudem wächst die Nachfrage nach freigeformten Flächenlichtleitern, die völlig neue Designkonzepte ermöglichen würden. »Daran arbeiten wir gerade«, verrät Wersig.

Tobias Wersig
www.polyscale.com

Musik machen - ein Kinderspiel

Wer ein Musikinstrument erlernen will, muss üben. Doch daran scheitern viele. Jetzt gibt es eine neue Möglichkeit, sich seinem Lieblingsinstrument zu nähern: Mit dem Songs2See-Game kann man über 45 mitgelieferte Musikstücke, aber auch seine Lieblingssongs spielerisch am Computer üben. Für insgesamt acht Instrumente – Gitarre, Klavier, Saxophon, Flöte, Bass, Klarinette, Trompete und Ukulele – werden derzeit Grifftechniken angezeigt. »Erste Erfahrungen im Notenlesen sind natürlich hilfreich«, sagt Christian Dittmar, CEO der Songquito UG, die er zusammen mit Estefanía Cano und Sascha Grollmisch gegründet hat. »Die Nutzer schätzen unsere spielerische Aufbereitung und den integrierten Lernmodus.« So erhält man etwa nach dem Üben eine Rückmeldung darüber, wie gut man die Töne getroffen hat.

Ein weiteres Angebot ist der Songs2SeeEditor. Damit lassen sich Lieder aus der eigenen Musiksammlung in Noten umwandeln und für das Songs2See-Game weiterbearbeiten. Das macht beide Applikationen auch für versierte Musiker interessant. Im August 2012 wurde das Spin-off mit dem Innovationspreis der Gesellschaft für Informatik ausgezeichnet.

Die Musikexperten, die ihre Software auch selbst zum Üben nutzen, beschäftigen sich bereits seit mehreren Jahren am Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT in Ilmenau mit Musikerkennung. »Immer wieder erhielten wir Anregungen, unser Wissen doch auch für das Erlernen von Instrumenten zu nutzen«, erzählt Dittmar, Gruppenleiter für Semantische Musiktechnologien am IDMT. 2010 startete ein Projekt zu diesem Thema, das 2012 abgeschlossen wurde. Heraus kamen Songs2SeeGame und Songs2SeeEditor. Da sie keinen Partner für die Vermarktung fanden, nahmen Dittmar, Cano und Grollmisch den Vertrieb neben ihrer Tätigkeit am Institut selbst in die Hand.

Zunächst waren beide Produkte online über Cleverbridge erhältlich. Im August 2013 gelang es dem Trio schließlich, in den exklusiven Onlineshop »Steam« des amerikanischen Spielegiganten »Valve« aufgenommen zu werden. Seit Dezember 2013 kann man Songs2See dort kaufen. Dafür wurden neue Features eingebaut, etwa die Möglichkeit, sich mit anderen Musikern online zu messen.

Christian Dittmar
www.songs2see.com

Der sichere Griff in die Lenkrad-Kiste spart Zeit und Kosten. © *Takata AG*

Zuverlässiger Griff in die Kiste

Schüttgut in Kisten wird heute überwiegend manuell entladen. Wissenschaftler haben eine Software entwickelt, die es Robotern ermöglicht, sogar chaotisch gelagerte Werkstücke aus der Kiste zu greifen. Systemintegratoren können Kunden damit eine industrietaugliche Lösung, bestehend aus Software und Robotersystem, als Komplettpaket anbieten.

Text: Isolde Rötzer

24 Stunden am Tag, sieben Tage die Woche – das Greifsystem bei der Firma Takata Petri kennt keine Pause. Es nimmt Lenkradskelette im Dreischichtbetrieb mit einer Verfügbarkeit von 98 Prozent aus Kisten und legt sie aufs Fließband. Die 3D-Objekterkennung sorgt dafür, dass der Griff in die Kiste immer sicher gelingt und das am günstigsten gelegene Lenkradskelett gegriffen wird. »Das schnelle und prozesssichere Greifsystem wurde 2011 in Betrieb genommen«, berichtet Felix Spenrath vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart.

Flexibel und bedienerfreundlich

Herzstück des Robotersystems ist die am IPA entwickelte Software »bp3 TM«. In Verbindung mit einem robotergeführten 3D-Sensor erfasst sie die Situation in der Kiste und lokalisiert die Werkstücke darin. Anschließend berechnet sie, welches Bauteil entnommen werden kann, ohne dass der Greifer mit dem Rand der Kiste oder mit anderen Lenkradskeletten kollidiert. Ein weiterer Vorteil des Systems: Es ist bedienerfreundlich. Schon nach einer kurzen Schulung können die Nutzer problemlos damit arbeiten. Darüber hinaus lassen sich auch neue Teile schnell einlernen.

Immer noch werden in vielen Betrieben Werkstücke in Kisten oder Gitterboxen zu den einzelnen Bearbeitungsstationen transportiert, die dort Mitarbeiter von Hand entladen. Doch diese körperliche Belastung kann auf Dauer zu Gesundheitsschäden führen. Roboter- und Greifersysteme bringen hier Entlastung. Außerdem helfen die stählernen Assistenten, die Kosten zu senken. »Für Unternehmen in Deutschland ist die Automatisierung besonders wichtig, sie können so die Produktion im Inland halten«, erklärt Spenraths Kollege Alexander Spiller.

Die Software »bp3 TM« entstand in dem europäischen Forschungsprojekt SMErobot zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit von kleinen und mittelständischen Produktionsbetrieben. Die Fraunhofer-Wissenschaftler aus Stuttgart waren von 2004 an mit verschiedenen Entwicklungen an diesem EU-Projekt beteiligt. »Eine davon war der `Griff in die Kiste`«, erinnert sich Spiller. Auf der Messe Automatica 2010 weckte ein Demonstrator das Interesse des Automobilzulieferers Takata Petri. Die Komplettlösung aus Software und Roboter wurde in einem gemeinsamen Projekt zur Industriereife gebracht und arbeitet bis heute problemlos im Werk in Aschaffenburg.

Um industrietaugliche Lösungen und das System als Gesamtpaket anbieten zu können, kooperieren die Experten der Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme seit Frühjahr 2011 mit der Firma Liebherr-Verzahntechnik GmbH als Systemintegrator. »Hier kommen Forschung und Praxis erfolgreich zusammen«, sagt Thomas Mattern, Leiter Entwicklung Automationssysteme bei Liebherr. »Wir kaufen die Lizenz für die Software bei Fraunhofer und bieten den Kunden eine Komplettlösung an: Roboter und Greifer, Zusatzachsen sowie die Strategien, die für das Erkennen und Herausnehmen der Teile wichtig sind.« Auch die Schulung der Mitarbeiter und die nötige Wartung übernehmen die Experten aus Kempten. In Zusammenarbeit mit dem IPA hat Liebherr inzwischen mehrere Systeme bei einem amerikanischen Baumaschinenhersteller realisiert. ■

Kontrolliert verdampft

Mit ultrakurzen Laserpulsen lassen sich unterschiedlichste Werkstoffe schnell und präzise bearbeiten, ohne sie aufzuheizen. Mitarbeiter von Bosch, Trumpf, der Universität Jena und des Fraunhofer IOF haben Ultrakurzpulslaser von einem Mittel der Forschung zu einem erfolgreichen Werkzeug der Serienproduktion gemacht. Dafür haben sie den Deutschen Zukunftspreis 2013 erhalten.

Text: Birgit Niesing

Laser sind aus der industriellen Fertigung nicht mehr wegzudenken. Doch in bestimmten Bereichen stoßen konventionelle Systeme an Grenzen. Trifft ein Laserstrahl zum Beispiel auf Metall, erwärmt er es. Der Werkstoff schmilzt teilweise. Das Problem: Das Verhalten von geschmolzenem Material lässt sich nur schwer beherrschen. Es bilden sich Unebenheiten. Das Werkstück muss aufwändig nachbearbeitet werden. Das kostet Zeit und Geld. Ein weiterer Nachteil: Materialien wie Diamant und Saphir können so gar nicht bearbeitet werden.

Anders mit dem Ultrakurzpulslaser: »Durch die geschickte Wahl von Pulsdauer, Pulsenergie und Fokussierung wird das Material so schnell und so stark erhitzt, dass es direkt verdampft«, beschreibt Stefan Nolte den besonderen Vorteil des Verfahrens. Nolte arbeitet als Professor für Experimental- und Laserphysik an der Friedrich-Schiller-Universität sowie am Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena. Er hat wichtige wissenschaftliche Grundlagen für die neue Technik gelegt.

Beinahe unvorstellbar winzige Zeitdimensionen

Mit einem Ultrakurzpulslaser lassen sich nach und nach feinste Bereiche in der Größe von nur wenigen millionstel Millimetern (Nanometern) abtragen. Das verdampfte Material wird einfach abgesaugt. Ein vom Computer gesteuertes Spiegelsystem lenkt die Laserpulse blitzschnell an die richtige Stelle. »Hunderttausende Pulse pro Sekunde ermöglichen eine schmelzfreie Bearbeitung in höchster Präzision«, erläutert Dr. Jens König von dem Technologieunternehmen Bosch. Ingenieure bezeichnen das auch als »kalte Bearbeitung«. So lassen sich sogar feinste Strukturen auf einem Streichholzkopf gravieren, ohne dass er entflammt.

»Mit dem Ultrakurzpulslaser ist die Produktion in beinahe unvorstellbar winzige Zeitdimensionen vorgestoßen. Ultrakurz bedeutet hier: Pulse mit Pikosekunden-Dauer, das sind 10^{-12} Sekunden«, erläutert Dr. Dirk Sutter vom Laserhersteller Trumpf. Zum Vergleich: Während ein Lichtstrahl für die Strecke von der Erde bis zum Mond gut eine Sekunde benötigt, gelangt er in einer Pikosekunde gerade einmal 0,3 Millimeter weit.

www.deutscher-zukunftspreis.de

Experten nutzen schon seit einigen Jahren ultrakurze Laserpulse, um auch hochempfindliche Materialien präzise und schonend zu bearbeiten. Doch das Verfahren kam lange Zeit meist nur in Forschungslaboren zum Einsatz. Denn es war nicht genau bekannt, wie gepulste Laserstrahlen beschaffen sein müssen, um die hohen Anforderungen der industriellen Fertigung zu erfüllen. Wie sollten beispielsweise Pulslänge, -zahl und -energie ausgelegt sein, um einen wirklich präzisen und vor allem auch produktiven Materialabtrag zu erreichen, und das zuverlässig über hunderte Milliarden Pulse hinweg? In beharrlicher Arbeit haben Jens König, Dirk Sutter und Stefan Nolte die Ultrakurzpulslaser zu einem robusten und zuverlässigen Werkzeug für den Einsatz in Werkhallen gemacht. Die Experten bei

Die Auszeichnung

Der Deutsche Zukunftspreis – Preis des Bundespräsidenten für Technik und Innovation – ehrt wissenschaftliche Höchstleistungen mit einem großen wirtschaftlichen Potenzial. »Genau diese Kombination macht die Innovationskraft unseres Landes aus und sichert unseren Wohlstand und unser Wohlergehen«, hebt Bundespräsident Joachim Gauck hervor. Die viel beachtete Auszeichnung wird seit 1997 jährlich vergeben und ist mit 250 000 Euro dotiert.

2013 waren neben dem »Ultrakurzpulslaser für die industrielle Massenfertigung« zwei weitere Projekte für den Preis nominiert: »Kristalline Schaltschichten für lebendige Displays – bye, bye Pixel!« der Coherent LaserSystems GmbH & Co. KG, Göttingen und »Energiesparende Festkörperchemie – neue Materialien beleuchten die Welt« von der Ludwig-Maximilians-Universität, München und der Philips Technologie GmbH.

Bosch erforschten und beschrieben die Anforderungen und Spezifikationen an das Laserlicht. Trumpf fertigte immer leistungsstärkere Ultrakurzpulslaser. Zugleich entwickelte sich auch die Ultrakurzpuls-Technologie bis zum heutigen hohen Stand weiter. Den Experten gelang es, einen Ultrakurzpulslaser in Maschinen so präzise zu führen, dass damit eine verlässliche industrielle Serienproduktion mit allen Vorteilen möglich wurde.

Mit der neuen Technik lassen sich fast alle Materialien bearbeiten

Von Diamanten über harte Gläser, Stahl und Halbleiter bis hin zu Keramiken und empfindlichsten Kunststoffen – mit der neuen innovativen Technik lassen sich fast alle Materialien berührungslos bearbeiten. Der universell einsetzbare Laser bohrt, schneidet, strukturiert oder fräst fast beliebige Formen. Mit dem präzisen Verfahren können sogar neue Produkte gefertigt werden, die bislang nur äußerst schwierig oder gar nicht herzustellen waren. Schon jetzt werden damit unter anderem extrem feine Düsen für Benzin-Direkteinspritzventile und besser verträgliche Stents gefertigt oder gehärtetes Glas für Displays in Smartphones geschnitten.

Grundlagenforschung, Entwicklung und auch Produktion – das alles fand und findet in Deutschland statt. Mehr als 50 Patentfamilien haben die Beteiligten veröffentlicht. Bis 2013 lieferte allein Bosch etwa 30 Millionen mit der neuen Technik hergestellte Bauteile an Kunden aus. Trumpf verkauft etwa täglich einen Ultrakurzpulslaser. Zudem sind zahlreiche neue Arbeitsplätze entstanden.

Für diese herausragende Arbeit haben Jens König, Dirk Sutter und Stefan Nolte den Deutschen Zukunftspreis 2013 erhalten. Die Auszeichnung hat ihnen Bundespräsident Joachim Gauck am 4. Dezember auf einer Festveranstaltung in Berlin überreicht. ■

Dr. sc. nat. Dirk Sutter
Dr. rer. nat. Jens König (Sprecher), Prof. Dr. rer. nat. Stefan Nolte (vrnl).
© Ansgar Pudenz/ Deutscher Zukunftspreis

Lasertechnik macht Fliegen sicherer

Dicke Luft an Bord kann gefährlich sein - für Flugbegleiter und Passagiere. In einem EU-Projekt entwickeln Forscher optische Sensoren, die nicht nur Spuren von Gefahrstoffen detektieren, sondern auch Sprengstoffe erkennen können.

Text: Monika Weiner

12. Mai 2013. Ein Airbus A319 der Airline Germanwings muss in Genf notlanden, weil sich beißender Geruch im Cockpit ausgebreitet hat. Nur wenige Wochen zuvor waren die Passagiere eines Condor-Flugs von Hamburg nach La Palma knapp einer Katastrophe entgangen. Ein Flugreisender berichtet: »Es roch nach verbranntem Plastik oder wie verdampftes Öl, auf jeden Fall ein chemischer Geruch.« Er habe sich ein T-Shirt vor Mund und Nase gehalten und zeitweise das Gefühl gehabt, gar nicht mehr atmen zu können. Nachdem die Passagiere in La Palma ausgestiegen waren, versuchten die Piloten, das Problem zu lokalisieren, indem sie die Triebwerke wieder hochfuhren. Sofort kam der unangenehme Geruch zurück, zwei Flugbegleiter brachen bewusstlos zusammen und mussten ins Krankenhaus eingeliefert werden.

»Fume Events«, zu Deutsch Rauch-Ereignisse, sind in der Luftfahrt gefürchtet, seit im Dezember 2010 ein Airbus A319 beim Landeanflug auf Köln um ein Haar abgestürzt wäre, weil das Reaktionsvermögen des Piloten durch giftigen Qualm stark eingeschränkt war. Dieser entsteht mitunter in den Triebwerken, wenn Schmiermittel und Ölreste verbrennen. Da die Frischluft direkt aus der Kompressionsstufe des Strahltriebwerks entnommen wird, können die Verbrennungsrückstände ins Innere der Kabine gelangen und bei Passagieren und Besatzung Schwindel, Übelkeit und Lähmungen auslösen.

Ein internationales Team aus Forschern und Anwendern entwickelt jetzt im EU-Projekt MIRIFISENS ein Messmodul, das Alarm schlägt, lange bevor die menschliche Nase etwas wahrnimmt. »Mit einer geeigneten Sensorik lassen sich organische Verbindungen in extrem geringen Konzentrationen detektieren«, erklärt Dr. Ralf Ostendorf vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF. Die Abkürzung MIRIFISENS steht für »Mid infrared innovative lasers for improved sensors of hazardous substances«. Kernstück der neuen Sensorik ist ein nur wenige Millimeter kleiner Halbleiterlaser, der infrarotes Licht erzeugt. »Der mittlere Infrarotbereich ist für die Analyse von organischen Verbindungen besonders geeignet, weil die Moleküle genau diese Wellenlängen absorbieren. Dadurch filtern sie einen Teil des Spektrums heraus. Weil jede Chemikalie andere Frequenzen absorbiert, hinterlässt sie im Spektrum einen charakteristischen Fingerabdruck. Mit dessen Hilfe lassen sich Gase schnell analysieren«, resümiert der Physiker.

Licht aus dem elektronischen Wasserfall

Theoretisch ist es also nicht schwierig, eine optoelektronische Spürnase zu bauen: Man muss nur das Gas, das man untersuchen will, in eine Messkammer leiten, einen infraroten Lichtstrahl hineinschicken und dann messen, was hinten herausrauskommt. Aus dem Muster der Absorptions-

Konzentration in luftigen Höhen: Ein optoelektronisches Analyse-Modul kann dazu beitragen, die Verunreinigung der Luft in Flugzeugen frühzeitig zu entdecken. © *Bernhart/ dpa*

linien lässt sich ablesen, welche organischen Verbindungen die Probe enthält.

Tatsächlich ist die Entwicklung eines solchen Analyse-Moduls für die Luftfahrt alles andere als trivial: Das Gerät muss nicht nur schnell, sondern auch zuverlässig arbeiten und leicht sein – weil an Bord eines Flugzeugs jedes Gramm zählt. Ostendorfs Team in Freiburg arbeitet derzeit an der Laserquelle: Durch das präzise gesteuerte Wachstum von Schichten, die nur wenige Atomlagen dick sind, entsteht ein Halbleiter, der Photonen einer bestimmten Frequenz erzeugt, sobald er an eine Stromquelle angeschlossen wird. Dieser Quantenkaskaden-Laser funktioniert wie ein mehrstufiger »elektronischer« Wasserfall: Elektronen purzeln eine Energietreppe hinunter und emittieren bei jeder Stufe Photonen. So entsteht ein ganzes Bündel von Lichtwellen eines bestimmten Wellenlängenbereichs. Nun gilt es, aus diesem Lichtwellenbündel eine bestimmte Wellenlänge herauszufiltern. Ingenieure vom Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden haben hierfür ein besonders leichtes und kleines optisches Reflektionsgitter entwickelt. »Dieses Gitter schwingt, angeregt durch elektrostatische Kräfte, hin und her. Dabei selektiert es abhängig von der Winkelposition eine der Lichtwellenlängen, die dann vom Laser ausgestrahlt wird«, erklärt Dr. Jan Grahmann.

Die neue Messtechnik, die Experten von 18 Forschungseinrichtungen und Unternehmen aus neun Ländern in dem von den französischen III-V Labs koordinierten EU-Projekt MIRIFISENS derzeit erarbeiten, soll eine Vielzahl von Gefahrstoffen automatisch aufspüren können. Eine kleine Rechnereinheit wird die Absorptionslinien mit den Fingerabdrücken von organischen Verbindungen, die in einer Datenbank gespeichert sind, vergleichen. Sobald toxische Moleküle entdeckt werden, schlägt das System Alarm.

Spürnase für Sprengstoff, Gift und Sprit

Die Technik eignet sich nicht nur für die Gasanalytik, sondern auch für die Identifizierung von Gefahrstoffen in flüssigen und festen Phasen – beispielsweise um auf Flughäfen Spuren von Sprengstoff zu detektieren. »Grundsätzlich sind zwei Messmethoden möglich: Man kann mit dem Laserlicht eine Probe durchleuchten und aus den Absorptionslinien auf die Zusammensetzung schließen, oder einen Festkörper bestrahlen und das reflektierte Licht analysieren. Auch so lassen sich Fingerabdrücke organischer Verbindungen finden«, erklärt Ostendorf. Für beide Analysetechniken gibt es einen Markt, davon ist der Forscher überzeugt.

Tatsächlich warten die Industriepartner im Projekt MIRIFISENS schon auf die Prototypen, die 2016 fertig sein sollen: Die EADS Deutschland GmbH beispielsweise will die Gasanalytik künftig nutzen, um die Innenräume von Flugzeugen zu überwachen. Und das Unternehmen MORPHO testet derzeit, ob sich die Methode für die berührungslose Kontrolle von Fluggästen im Airport-Security-Korridor eignet: Ein Luftstrom könnte potenzielle Gefahrstoffe aufnehmen und zu einem Analysegerät leiten. Andere Projektpartner wollen die Messtechnik einsetzen, um Spuren von Sprengstoff auf Gepäckstücken in bis zu hundert Meter Entfernung aufzuspüren.

Auch für die Qualitätsüberwachung von Kerosin, dem Kraftstoff für Strahltriebwerke, sind Quantenkaskaden-Laser geeignet: Die Infrarotspektroskopie kann selbst winzige Spuren organischer Verunreinigungen erkennen, die sich mit dem Kerosin vermischen – wenn beispielsweise ein Tanklaster vorher Biokraftstoff geladen hatte und nicht ordnungsgemäß gereinigt wurde. Solche Verschmutzungen können verheerende Folgen haben, weil diese bei tiefen Temperaturen – wie sie in 10 000 Metern Flughöhe zwangsläufig herrschen – auskristallisieren. Das Erstarren von Treibstoffkomponenten bringt unter Umständen die gesamte Kerosinzufuhr ins Stocken.

Für alle geplanten Anwendungen wollen die Forscher bis zum Projektende 2016 Prototypen erstellen und diese in der Praxis testen. ■

Wärme aus der Konserve

Mit besseren Speichertechniken für thermische Energie lassen sich Bedarfsschwankungen bei Wärme überbrücken. Das ist vor allem für die stärkere Nutzung von erneuerbaren Energiequellen interessant.

Text: Andreas Beuthner

Häuser ohne Kamin sind in Mitteleuropa noch selten. Meist sorgen nach wie vor Gas- und Ölheizungen oder Holzpelletöfen für warme Räume und Wasser. Erst wenige Häuslebauer setzen beim Heizen ganz auf regenerative Energiequellen. Doch was sind die Gründe dafür? »Wir brauchen effizientere Speichertechniken, um dem Ziel einer nachhaltigen und zuverlässigen Versorgung mit erneuerbarer Energie näher zu kommen«, ist Barbara Zeidler-Fandrich, Abteilungsleiterin Chemische Energiespeicher am Fraunhofer-Institut für Umwelt-,Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT in Oberhausen überzeugt.

Die besondere Herausforderdung: Nicht nur das Energieangebot aus Sonne und Wind schwankt, auch die Nachfrage nach Wärme ändert sich im Laufe des Jahres. Im Winter läuft die Heizung, im Sommer will man es eher kühl haben. Ziehen Herbststürme übers Land steigt die Stromproduktion der Windräder, kommt es zu einer Flaute stehen die Rotoren. Photovoltaikanlagen und thermische Solarmodule benötigen Sonne, sonst gehen die Lichter aus oder die Dusche bleibt kalt. Damit rund um die Uhr und zu jeder Jahreszeit ausreichend Strom und Wärme zur Verfügung stehen, gibt es nur einen Ausweg: Bessere Speicher, die Energieüberschüsse auffangen und Strom und Wärme so lange – und möglichst verlustfrei – bevorraten, bis man sie braucht.

Aber wie lässt sich Wärme effizient speichern? Die Chemiker am Oberhausener Fraunhofer-Institut nutzen hierfür thermochemische Materialien und deren Reaktionswärme. Eine Verfahrensvariante beruht auf organischen Ausgangsmaterialien. Trennt man beispielsweise per Energiezufuhr organische Säuren und Basen, nehmen die Stoffe Wärme auf. Im Versuchsreaktor lässt sich diese Reaktion auch wieder umdrehen. Bringt man die separierten Materialien zu einem späteren Zeitpunkt in einer exothermen Rekombinationsreaktion wieder zusammen, wird diese Wärme ohne große Verluste freigesetzt. »Verglichen mit den anderen Möglichkeiten zur thermischen Wärmespeicherung entstehen höhere Energiespeicherdichten. Die Energie kann in einem vergleichsweise kleinen Volumen auch über lange Zeiträume gespeichert werden«, fasst Zeidler-Fandrich zusammen.

Effiziente Reaktionsmaterialien und wirtschaftliche Lösungen

Die Forschungen an organischen Wärmespeichermaterialien, die sich vor allem für den Niedertemperaturbereich unterhalb von 200 Grad Celsius eignen, stehen erst am Anfang. Aber die Laborversuche sind vielversprechend. Einige Industrieunternehmen verfolgen bereits aufmerksam die Forschungsarbeiten an den thermoreversiblen organischen Reaktionssystemen. Hierbei lassen sich zwei Varianten unterscheiden: Bei anorganischen Reaktionssystemen kommen überwiegend Gas-Feststoff-Reaktoren für Hochtemperatur-Wärmespeicher zum Einsatz. Organische Materialien ermöglichen die Entwicklung homogener Flüssigphasen-Speicher, die auch in Pumpkreisläufen verwendet werden können. Ein weiterer Pluspunkt organischer Reaktionssysteme: Die Wissenschaftler können die chemische Struktur der Ausgangsstoffe leichter ändern: »Gegenüber anorganischen Systemen lassen sich organische Reaktionspartner besser an den jeweiligen Einsatzbereich anpassen«, sagt Zeidler-Fandrich.

Die Forsher arbeiten aber auch an Feststoff- und Flüssigsalzspeichern. Am Institutsteil des UMSICHT in Sulzbach-Rosenberg geht man davon aus, dass die Investitionskosten für latente und thermochemische Speicher durch Forschungsfortschritte bei der Materialentwicklung und durch höhere Energiedichten dieser Systeme sinken werden. Thermochemische Wärmespeicher sind beispielsweise gut geeignet, um die Abwärme industrieller Prozesse einzufangen oder den Wirkungsgrad von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen weiter zu verbessern.

Thermochemische Speicher auf Zeolith-Wasser-Basis

Biogasanlagen, Blockheizkraftwerke und Co. erzeugen nicht nur Strom, sondern auch Wärme. Doch diese verpufft im Gegensatz zum Strom meist ungenutzt. Das lässt sich nach Ansicht von Wissenschaftlern am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart ändern. Die Forscher entwickeln und optimieren seit einiger Zeit Sorptionsspeicher auf Zeolith-Basis, die bei gleicher Baugröße drei bis viermal so viel Wärme speichern wie ein herkömmlicher Heißwassertank.

Zeolithe sind kristalline Mineralien mit poröser Gerüststruktur, an deren Oberfläche sich andere Stoffe, beispielsweise Wasser, anlagern. Ihre besondere Eignung als Wärmespeicher ergibt sich aus zahlreichen Hohlräumen und Kanälen, die eine große Reaktionsfläche bieten. Das Material erreicht eine innere Oberfläche von zum Teil weit über 1000 Quadratmetern pro Gramm. Der Clou: Eine Zeolith-Festbettschüttung, die zuerst mit heißer Luft getrocknet und mit Wärme aufgeladen wurde, setzt beim darauf folgenden Einlagern von Wasserdampf auch nach beliebig langer Zeit die Wärme nahezu ohne Verlust wieder frei.

»Wir haben die Prozess- und Verfahrenstechnik entwickelt und uns angeschaut, wie wir das Wärmespeicherprinzip technisch umsetzen

Diese Zeolith-Kügelchen können Wasserdampf in ihren Poren binden – dabei entsteht Wärme. © *Bosch*

können – also beispielsweise, wie ein Speicher aufgebaut werden muss und an welcher Stelle man Wärmetauscher, Pumpen und Ventile benötigt«, so Mike Blicker, Gruppenleiter Wärme- und Sorptionssysteme am IGB.

Thermochemische Speicher auf Zeolith-Wasser-Basis erreichen je nach Ladetemperatur und Anwendung eine Speicherkapazität bis zu 180 Kilowattstunden je Kubikmeter Speichermaterial. Zum Vergleich: Die Energiedichte von herkömmlichen Warmwasserspeichern liegt in der Regel unter 60 Kilowattstunden je Kubikmeter Speicher. In der Praxis allerdings schwankt die Leistungsabgabe je nach Speichervolumen, eingesetzten Materialien und Anlagenkonzept erheblich. Untersuchungen haben gezeigt, dass Zeolithspeicherprototypen bereits 140 Kilowattstunden je Kubikmeter bevorraten können. Einziger Wermutstropfen sind die Investitionskosten für Sorptionsspeicher, die derzeit um ein Vielfaches höher liegen als für einfache Wasserspeicher. In einer Gesamtbilanz allerdings könnten die Vorteile, wie die bessere Speicherdichte, die höheren Arbeitstemperaturen und die Verlustfreiheit während der Speicherung den Kostennachteil aufwiegen.

»Aus wirtschaftlicher und technischer Sicht sehen wir das Einsatzfeld momentan im industriellen Bereich«, sagt IGB-Forscher Blicker. Aber durch weitere Optimierungen wie flexible Technik und modularen Systemaufbau könnten sich die Herstellungskosten nach unten bewegen und somit in Zukunft viele weitere Anwendungsbereiche erschließen. ■

Zukunft zum Greifen nahe

Das Programm »Zwanzig20 - Partnerschaft für Innovation« verfolgt ein ehrgeiziges Ziel: Es will die in den Neuen Ländern aufgebauten wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Kompetenzen durch überregionale und interdisziplinäre Kooperationen systematisch ausbauen.

Text: Franziska Kopold

In den vergangen Jahren stand vor allem der Aufbau Ost im Vordergrund. Nun möchte das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) auch verstärkt in die Zukunftsfähigkeit der neuen Bundesländer investieren. Dafür hat es das Förderprogramm »Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation« aufgelegt. Denn die Fähigkeit, Innovationen zu schaffen, hat erheblichen Einfluss auf die Wirtschafts- und Beschäftigungsentwicklung von Regionen. Und: Innovationen entstehen dort, wo sich unterschiedliche Partner aus Wirtschaft, Wissenschaft und Bildung zusammenschließen.

Um diesen Prozess zu unterstützen, wurden Konsortien gesucht, die sich über ostdeutsche Länder hinweg mit Partnern aus den alten Bundesländern und darüber hinaus auch auf internationaler Ebene strategisch vernetzen. Mit ihrem multidisziplinären Know-how sollen sie künftige Herzausforderungen identifizieren und dafür Lösungen anbieten.

»3Dsensation«

Zahlreiche Bewerbungen waren eingegangen, aus denen zehn Projekte ausgewählt wurden. – darunter zahlreiche Projekte mit Fraunhofer-Beteiligung. Zu diesen zählt das Konsortium »3Dsensation«. »Wir haben uns zum Ziel gesetzt, die Mensch-Maschine-Interaktion entscheidend zu verbessern. Maschinen sollen uns verstehen, in unserem Sinne handeln und völlig neue Assistenzkonzepte ermöglichen«, so Andreas Tünnermann, Leiter des Konsortiums und des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena. Hierfür sollen Roboter und technische Systeme lernen, komplexe Szenarien dreidimensional zu erfassen und zu interpretieren. Die Vision des Konsortiums, dass Mensch und Maschine nicht länger nur über definierte Ein- und Ausgabemedien interagieren, überzeugte die Jury und das Ministerium.

»Additiv-Generative Fertigung«

Unter der Federführung des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden arbeitet das Konsortium »Additiv-Generative Fertigung« an einer Schlüsseltechnologie für die Industrie 4.0. Ziele sind, den Werkstoffeinsatz zu

Bessere Mensch-Maschine-Interaktion: 3Dsensation arbeitet unter anderem auch an intelligenten Assistenten fürs Gesundheitswesen. © *Fraunhofer IOF*

minimieren und den Nachbearbeitungsaufwand zu verringern. »Mit der additiv-generativen Fertigung können Produkte hergestellt werden, die mittels herkömmlicher Technik gar nicht oder nur mit unbezahlbarem Aufwand produziert werden können«, erläutert IWS-Projektkoordinator Prof. Dr. Christoph Leyens. »Damit werden wir in Zukunft im industriellen Maßstab kostengünstig produzieren, selbst wenn im Extremfall jedes Bauteil ein Unikat sein soll.«

»HYPOS – Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany«

Wie kann Strom aus regenerativen Energien gespeichert werden? Dieser Frage widmet sich ein weiteres Konsortium mit Fraunhofer-Beteiligung: »Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany« (HYPOS) zeigt eine Lösung für diese zentrale Herausforderung der Energiewende auf: In Wasserstoff umgewandelt bleibt die überschüssige elektrische Energie erhalten und kann bei Bedarf wieder zurückverwandelt und genutzt werden. »Wir freuen uns darüber, dass die Jury und das BMBF unsere Vision von »grünem« Wasserstoff als Energieträger der Zukunft teilen. Die Entscheidung zeigt die enormen Innovationspotenziale sowie ökologischen und ökonomischen Effekte, die sich mit dem geplanten Aufbau einer selbsttragenden Wasserstoffwirtschaft in Deutschland verbinden«, erklärt Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Werkstoffmechanik IWM in Halle und Sprecher des HYPOS-Projekts.

»smart3 | materials – solutions – growth«

Auch das Konsortium um das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU »smart3 | materials – solutions – growth« zählt zu den zehn Auserwählten. Marktreife intelligente Materialien und Bauteile zu entwickeln lautet hier die Zielsetzung. Die Partner definierten zunächst drei strategische Startprojekte: Unter dem Stichwort »Zukunft vernetzen« entstehen neue Wege der kooperativen Vernetzung und Kommunikation. »Zukunft gestalten« soll die interessierte Öffentlichkeit gezielt für das Thema Intelligente Materialien sensibilisieren. »Zukunft sichern« bietet Raum für die konkreten, technischen Anwendungen und Konzepte.

»Durch die radikale Vereinfachung von Prozessen und die Verlagerung von Funktionen in das Material könnten wir in einer Reihe von Branchen eine vollkommen neue Entwicklungsdynamik in Gang setzen«, erläutert Dr. Welf-Guntram Drossel, kommissarischer Leiter des IWU und Konsortialführer von »smart3«. Der Werkstoff gibt dem Bauteil nicht nur Gestalt, er ist auch in der Lage, äußere Reize aufzunehmen, sich zum Beispiel hinsichtlich Form, Festigkeit oder Farbe gezielt anzupassen. Denkbar wäre etwa eine auf intelligenten Werkstoffen basierende Häuserfassade, die aus den Schwingungen des Winds Elektrizität erzeugt. Das IWU bringt seine Forschungskompetenzen zudem in die Konsortien »Additiv-Generative Fertigung« sowie »3Dsensation« ein.

Die Foren: »flex+« und »Crowd Production«

Neben zehn offiziellen Hauptkonsortien gibt es neun weitere, die das Ministerium als Zwanzig20-Foren fördert. Die Fraunhofer-Einrichtung für Organik, Materialien und Elektronische Bauelemente COMEDD etwa ist Teil des Konsortiums »flex+«. Dessen Vision ist eine ressourcenschonende »smarte« Umgebung, die vielfältige elektronische Funktionalitäten mittels flexibler Elektronik integriert. Unzerbrechliche, flexible Displays und Solarzellen, intelligente Verpackungen – flexible elektronische Systeme eröffnen zahlreiche Möglichkeiten für Produkte, Funktionen und Verfahren. Ihr Marktpotenzial ist entsprechend hoch.

Ortsnah produzieren, Produkte statt Menschen transportieren, so lässt sich dagegen die Intention des Konsortiums »Crowd Production« beschreiben. Nach der Vorstellung der Partner um das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK werden sich künftig kleine und voneinander unabhängige Unternehmen spontan zu einem Systemlieferanten zusammenschließen und somit flexibel große Aufträge annehmen können – unabhängig von ihrem Standort. Das Forum stellt sich auch den Herausforderungen des demographischen Wandels und erarbeitet Mittel und Wege für ältere Menschen, damit sie länger und leichter am Arbeitsleben teilhaben können.

Großes Potenzial

»Zwanzig20« macht deutlich: Die Zukunft kann kommen. Sie mitzugestalten ist eine spannende Aufgabe. »Mit Hilfe des Förderprogramms bekommen wir Gelegenheit, die Unternehmen in den östlichen Ländern als Schrittmacher für innovative Fertigungstechnologien zu etablieren«, freut sich Prof. Eckhard Beyer, Leiter des IWS. »Gemeinsam mit unseren Partnern aus den westlichen Ländern wollen wir den Fertigungsstandort Deutschland für kommenden Herausforderungen der Zukunft stark machen.«

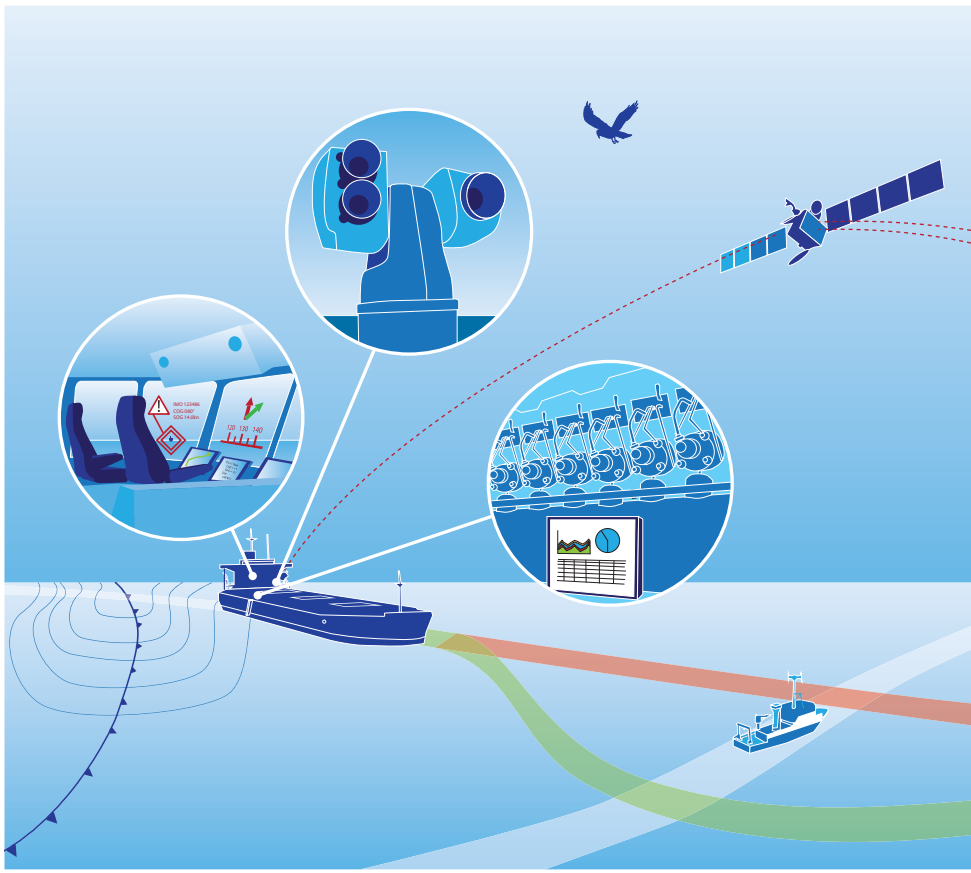
Die ausgewählten Konsortien haben nun ein Jahr Zeit, aus ihren Konzepten eine Innovationsstrategie zu erarbeiten, die sie in den kommenden Jahren mit Eigenmitteln und den Mitteln des Bundes bis 2020 umsetzen. Dafür stellt das BMBF insgesamt rund 500 Millionen Euro zur Verfügung. Der gesamte Prozess wird wissenschaftlich evaluiert. ■

Frachter ohne Mannschaft

Das Fraunhofer CML arbeitet an der Vision des autonomen Schiffs.

Text: Frank Grotelüschen

Der Blick von Hans-Christoph Burmeister schweift über die Bordinstrumente: eine elektronische Seekarte, ein Display für die Wassertiefe, der Monitor daneben zeigt das Radarbild. Dann greift Burmeister zum Ruder und steuert seinen 220 Meter langen Massengut-Frachter in eine neue Richtung: »Jetzt fahren wir auf einem Kurs von 290 Grad, Geschwindigkeit zwölf Knoten.«



Auch wenn das Szenario realistisch wirkt – Burmeister ist kein Kapitän auf seiner Brücke, sondern steht mitten in einem Raum des Fraunhofer-Centers für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML in Hamburg. Hier ist ein Schiffsführungssimulator aufgebaut. Die Steuer- und Anzeigeinstrumente ähneln denen eines Frachters. Doch den Blick aus dem Fenster gaukeln drei Monitore vor: Sie zeigen einen virtuellen Meereshorizont mitsamt Schaumkronen, Abenddämmerung und den Silhouetten anderer Schiffe.

Der Simulator soll helfen, ein ehrgeiziges Unterfangen voranzutreiben: Beim EU-Projekt MUNIN entwickeln die Fraunhofer-Forscher gemeinsam mit Partnern aus fünf Ländern das Konzept für ein autonomes Schiff – einen Massengutfrachter, der ohne Besatzung über die Weltmeere schippert (siehe Kasten). Der Beweggrund: »In Europa ist die Seefahrt als Beruf nicht mehr sonderlich beliebt«, sagt Projektkoordinator Burmeister. »Die Branche hat Nachwuchsprobleme.« Wer zur See fährt, ist oft monatelang unterwegs – eine Belastung fürs Familienleben. Außerdem verlaufen die Fahrten von Kontinent zu Kontinent meist ereignisarm und sind für die Crew ziemlich langweilig.

Im Ansatz gibt es die Technik für ein autonomes Schiff bereits – auf einer modernen Schiffsbrücke ist vieles automatisiert: Der Autopilot steuert einen vorgegebenen Kurs mit Unterstützung von GPS, eine Tempoautomatik hält die Geschwindigkeit. Radargeräte und Schiffserkennungssysteme suchen die Umgebung ab und schlagen bei Gefahr automatisch Alarm. Zusätzlich würde ein autonomes Schiff mit weiteren Sensoren bestückt werden: Optische und Infrarot-Kameras sollen die Meersoberfläche beobachten, um andere Boote, Treibgut oder Schiffbrüchige zu erkennen.

Als Kern des unbemannten Frachters soll eine zentrale Software dienen. Sie wertet die Daten sämtlicher Sensoren aus und entscheidet zum Beispiel darüber, ob das Schiff seinen Kurs ändert, um die Kollision mit einem herumtreibenden Container zu vermeiden. Völlig unbeaufsichtigt wird das unbemannte Schiff allerdings nicht fahren. Via Satellit soll ein Operator das Geschehen überwachen und, wenn nötig, eingreifen. »Es sind Situationen denkbar, in denen die autonomen Systeme an Bord überfordert sind«, erläutert Burmeister, »etwa, wenn mehrere Schiffe gleichzeitig auf Kollisionskurs sind oder es zu technischen Ausfällen kommt.« Für diese Fälle steht eine Landstation bereit, die per Satellitenkommunikation eingreifen und das Schiff fernsteuern kann.

Um zu zeigen, wie das in der Praxis aussehen könnte, setzt Burmeister seinen Simulator in Gang. Auf dem Bildschirm nähert sich von Backbord ein Containerschiff. Obwohl Burmeisters Frachter Vorfahrt hat, will es einfach nicht ausweichen. Um einen Zusammenstoß zu vermeiden, übernimmt der Ingenieur die Kontrolle über das autonome Schiff: »Ich deaktiviere den Autopiloten, leite eine Kursänderung nach Steuerbord ein, reduziere die Geschwindigkeit und warte, bis das andere

Auf einer modernen Schiffsbrücke läuft vieles bereits automatisiert ab. Völlig unbeaufsichtigt sollen auch die unbemannten Schiffe der Zukunft nicht fahren. © *MUNIN*

Schiff ohne Crew

Das EU-Projekt MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence and Networks) startete im September 2012 und läuft über drei Jahre. Beteiligt sind acht Institutionen aus Deutschland, Norwegen, Schweden, Island und Irland, darunter das Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen in Hamburg. Der Gesamtetat liegt bei 3,8 Millionen Euro, davon trägt die Europäische Union 2,9 Millionen Euro.

Schiff vorbeigefahren ist.« Ein paar Mausklicks aus der Ferne haben gereicht, um die Gefahr zu bannen.

Auch beim An- und Ablegen soll der Mensch das Ruder übernehmen. Läuft das Schiff aus dem Hafen aus, ist eine Crew an Bord. Erst wenn der Frachter das offene Meer erreicht, verlässt die Mannschaft per Lotsenboot oder Helikopter das Schiff, die Automatik übernimmt. Am Ziel läuft's umgekehrt: Rechtzeitig vor der Einfahrt geht eine Mannschaft an Bord, um den Frachter sicher in den Hafen zu steuern.

Im Herbst 2012 startete das MUNIN-Projekt. Da die Anforderungen an ein autonomes Schiff höchst vielfältig sind, tüfteln die Experten an den unterschiedlichsten Detailfragen. So muss gewährleistet sein, dass der Schiffsantrieb auch dann zuverlässig läuft, wenn wochenlang kein Maschinist nach dem Rechten schaut. Bislang sind die Maschinen so ausgelegt, dass man sie 24 Stunden unbeaufsichtigt lassen kann. »Für eine Reise von zwei bis drei Wochen müsste man weitere Sicherheiten schaffen, damit nicht mitten auf dem Pazifik der Motor ausgeht«, erklärt Burmeister. »Sinnvoll wäre es, die wichtigsten Komponenten mehrfach auszulegen.«

Würde an Bord – verursacht durch einen Kurzschluss – ein Feuer ausbrechen, müssten automatisch Sprinklersysteme anspringen. Kritische Bereiche ließen sich vorsorglich mit CO_2 fluten, damit könnte hier ein Brand gar nicht erst entstehen. Bei schwerem Seegang sollte der Autopilot den Rumpf so drehen, dass ihm die Wellen möglichst wenig zusetzen und generell würde man versuchen, aufziehende Unwettergebiete von vornherein zu umschiffen.

Im Prinzip könnte das unbemannte Schiff sogar Schiffbrüchige erkennen. »Ein automatisches Radar- und Kamera-Überwachungssystem kann einen auf dem Meer treibenden Menschen vielleicht zuverlässiger erkennen, als die Mannschaft auf der Brücke, die oft durch andere Aufgaben abgelenkt ist«, glaubt Burmeister. Um dann dem Schiffbrüchigen zur Hilfe zu kommen, ließen sich automatisch Rettungsboote abwerfen – so eine Idee, die allerdings über das MUNIN-Projekt hinausgeht.

Potenzielle Gefahren mit ein paar Mausklicks umschiffen

Doch es gibt auch juristische Untiefen: Wenn kein Kapitän an Bord ist – wer haftet dann bei einem Unfall? »Um solche Fragen kümmert sich ein Projektpartner aus Irland, er entwirft ein rechtliches Rahmenkonzept für unbemannte Schiffe«, sagt Hans-Christoph Burmeister. »So, wie es aussieht, müssten einige der bestehenden Vorschriften wohl geändert werden.«

Im Herbst 2015 soll das EU-Projekt abgeschlossen sein. Das Ziel ist eine Computersimulation, mit der die Experten ihre Ideen virtuell testen und überprüfen können. Danach wäre es denkbar, ein reales Schiff mit Komplett-Automatik auszustatten. »Es ist noch ein weiter Weg bis zum autonomen Frachtschiff«, glaubt Burmeister. »Doch bereits vorher könnte die bemannte Schifffahrt von unseren Resultaten profitieren.« Denn einzelne Komponenten, an denen die MUNIN-Fachleute tüfteln, wären schon heute auf jeder Schiffsbrücke hilfreich: So würde ein automatisches Ausguck-System die Crew ebenso entlasten wie eine verbessertes Warnsystem für Kollisionen. ■

Lasten federleicht bewegen

Um ein tonnenschweres Bauteil präzise und sicher zu bewegen, müssen Mensch und Kransystem exakt zusammenarbeiten. Die Firma eepos setzt Fraunhofer-Know-how ein, damit Anwender mit immer weniger Kraftaufwand das Lasten-Handling bewältigen.

Text: Andreas Beuthner

In jeder Montagehalle gehört es zur alltäglichen Erfahrung: Je leichter ein Kransystem läuft, desto angenehmer und gesundheitserhaltender lässt sich damit arbeiten. Die Firmengründer Friedhelm Mücher, Klaus Bellingroth, Timo Koch und Armin Mücher machen das zur Devise für ihr neues Unternehmen. »Von Anfang an legten wir besonderen Wert auf ein optimales Laufverhalten der Kransysteme«, sagt Friedhelm Mücher, Senior-Geschäftsführer des Aluminium-Kran-Spezialisten eepos im nordrheinwestfälischen Wiehl-Marienhagen.

Das Gründerquartett startete als inhabergeführtes Familienunternehmen im Februar 2006 in einem bescheidenen 50 Quadratmeter großen Büro und schaffte nach drei Jahren den Durchbruch zum gefragten Systemlieferanten in der Automobilindustrie. Das rasante Wachstum vom kleinen Start-up zum Top-Anbieter mit 45 Mitarbeitern speist sich aus drei Quellen: leichte und einfach zu montierende Aluminiumprofile statt der herkömmlichen Hängebahn-Schienen aus Stahl, ein modulares Baukastensystem aus standardisierten Bauelementen für jede Handling-Aufgabe sowie eine innovationsfreudige Konstruktions- und Entwicklermannschaft, die auch abseits ausgetretener Pfade die Produktpalette vorantreibt. Das Unternehmen arbeitet zudem mit ausländischen Firmen zusammen – etwa in China, Spanien, Brasilien, Südafrika und Mexiko.

MÜhelose Bewegung schwerer Lasten

Nicht alles auf dem Gebiet Konstruktion und Entwicklung lässt sich aus eigenen Mitteln bestreiten: »Wir setzen bei aufwändigen Neuentwicklungen auf Synergieeffekte durch die Zusammenarbeit mit Fachhochschulen, Forschungszentren sowie dem Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK in Berlin«, informiert Mücher. Zum Beispiel bei einer neuen Hubachse, die auf dem hauseigenen Aluminium-Baukastensystem basiert und wahlweise elektrisch oder pneumatisch betrieben wird. Diese Hubachse ist für handgeführte Traglasten bis zu einer Tonne vorgesehen – etwa beim Einsatz von Manipulatoren in der Automobilbranche. Um die Leistungsfähigkeit der eepos-Hubachse zu zeigen, entwickelten IPK-Forscher, die sich sehr gut mit der Auslegung, Programmierung und Bahnführung kooperativer Handhabungssysteme auskennen, eine elektrisch ausbalancierte Steuerung. »Wir wollten eine Steuerungslösung, die dem Bediener das Gefühl vermittelt, das Kommando über Maschine und Prozessbewegung nicht zu verlieren«, unterstreicht Mücher.

Die Zusammenarbeit mit dem IPK hat sich gelohnt. An einer Demonstrationsanlage lässt sich ein aufgehängter Kleinwagen über eine Art Joystick mit sanftem Druck hin- und herbewegen. Die Bewegungskommandos und Kräfte mit denen der Mensch auf die hängende Last einwirkt, werden mithilfe eines Kraftmomentensensors erfasst und von der Steuerung in eine entsprechende Bewegung umgesetzt. Die Trägheit des Objekts ist auf einige Kilogramm reduziert, daher spürt der Bediener während des gesamten Bewegungsvorgangs nur eine gedämpfte Systemreaktion ohne Motorenruckeln. Ein Novum in Sachen Ergonomie. Das Werkstück schwebt gleichmäßig auf einer programmierbaren Bahn, vom Bediener intuitiv zum Bestimmungsort geführt. Grobe Abweichungen vom vorgesehenen Kurs sind ebenfalls ausgeschlossen: Das Steuerungsprogramm erzeugt an kritischen Stellen »virtuelle« Wände und Bewegungshindernisse, die den Materialtransport bis zum Ziel absichern.

Für eepos ist die Hubachse eine zukunftsträchtige Neuentwicklung. Die mühelose Bewegung schwerer Lasten beschleunigt nicht nur den Materialfluss, sondern erlaubt auch älteren Mitarbeitern den Umgang mit gewichtigen Bauteilen. »Wir wollen auf den demographischen Wandel reagieren und entwickeln zusammen mit Fraunhofer-Experten und anderen Verbundpartnern assistierte Arbeitsplätze, die altersgerecht und ergonomisch für ein flexibles Material-Handling sorgen«, konstatiert Mücher. Die Mensch-Technik-Interaktion spiele für eine wirtschaftliche und zukunftsorientierte Produktentwicklung eine immer größere Rolle. »Das gilt sowohl für die Industrie insgesamt, als auch für den Einzelarbeitsplatz«, ergänzt Mücher.

Weitere Kooperation in Planung

Genauso breit gefächert wie die Transportaufgaben in der Fertigungshalle ist der Komponentenbaukasten. Dazu zählen fünf Profiltypen mit Hebezeug und den dazu passenden Fahrwerken für Ein- und Zweischienenbahnen, Kranbrücken und Hubachsen. Die Deckenprofile, an denen sich Kranbrücken und Kettenzüge mit einer Geschwindigkeit von 60 Metern pro Minute bewegen lassen, sind bis zu 14 Meter lang. Für eine manuelle Bewegung kraftverstärkender Handhabungssysteme spricht die geringere Komplexität der Anlage gegenüber vollautomatisierten Systemen. Die direkte Interaktion mit dem Werker und die Nutzung seiner menschlichen Fähigkeiten erlauben eine größere Flexibilität im Materialtransport. Zugleich ist die intuitive Bedienung des Kransystems durch die Handkraftsteuerung weniger anstrengend. »Die neuen kooperierenden Handhabungs-Systeme wurden erfunden, um dem Menschen zu helfen, statt ihn zu ersetzen«, sagt Friedhelm Mücher. Zur Zeit prüft eepos den serienmäßigen Einsatz der intuitiv bedienbaren Hubachse.

»Selbstverständlich hört die Kooperation mit Fraunhofer nicht bei der Umsetzung von einer Idee auf«, betont Mücher. Die Experten von eepos wollen auch künftig weiter mit den IPK-Wissenschaftlern zusammenarbeiten – etwa in dem Verbundprojekt »Kobot AERGO«. ■

eepos Systeme gehören zu den am leichtesten zu bewegenden Kransystemen, die derzeit auf dem Markt erhältlich sind.
© *eepos*

eepos
aluminium
crane systems

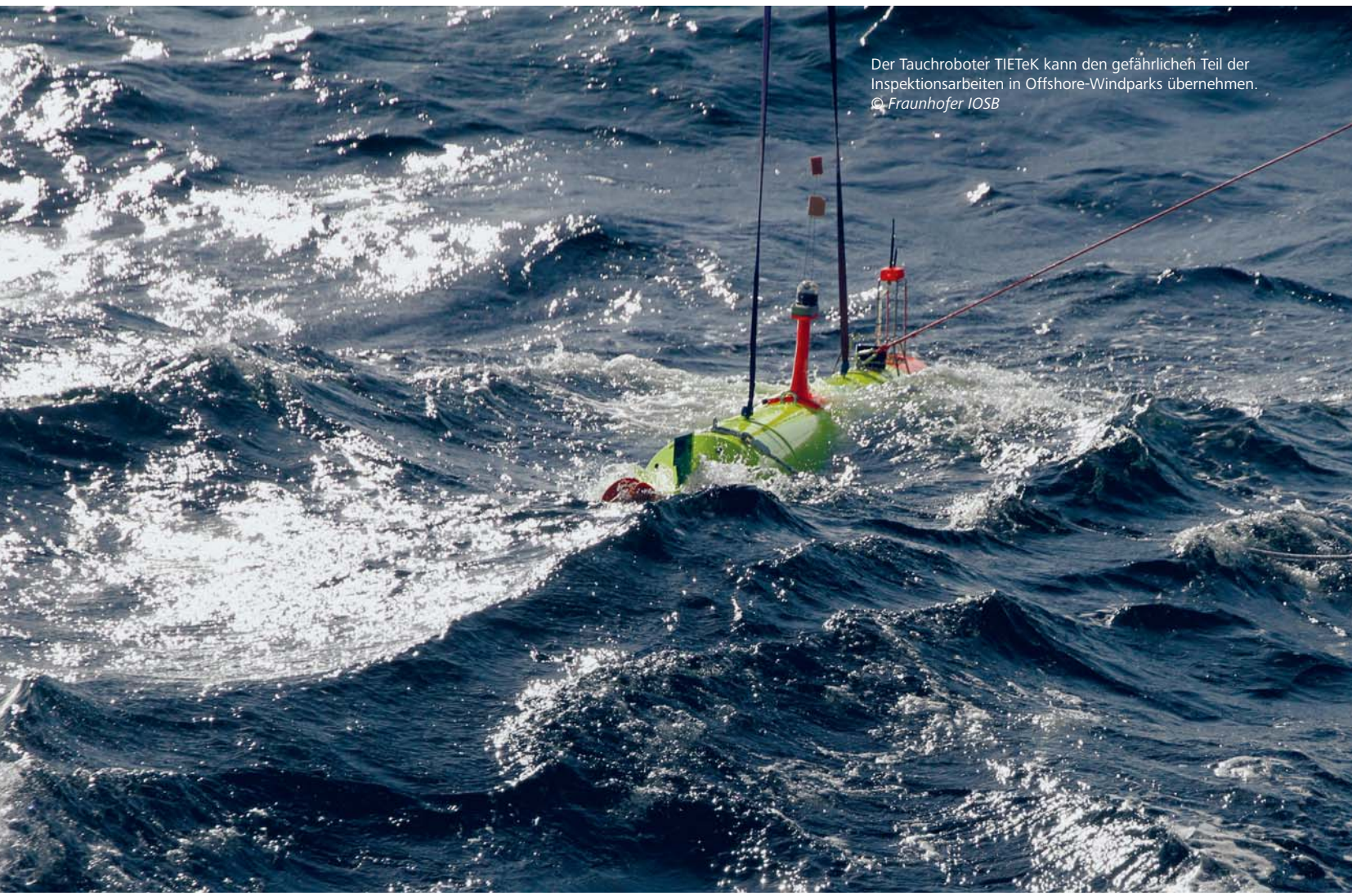
eepos GmbH - Aluminium Kransysteme
Enselskamp 3 - 5
51674 Wiehl-Marienhagen
Telefon +49 2261 54637-0
Fax +49 2261 54637-129
www.eepos.de

Gründung: 2006

Mitarbeiter: 45

Umsatz: 7,4 Millionen Euro

Produkte: Kransysteme, Hubachsen, Einschubprofile



Der Tauchroboter TIETeK kann den gefährlichen Teil der Inspektionsarbeiten in Offshore-Windparks übernehmen.
© *Fraunhofer IOSB*

Der VW-Bus für die Tiefsee

Unterwasserroboter werden heute in der Offshore-Ölindustrie oder in der Meeresforschung in großer Zahl eingesetzt. Dennoch ist jedes dieser Tauchgeräte eine teure Einzelanfertigung. Mit dem Boom der Windindustrie im Meer wird der Bedarf an Tauchrobotern weiter zunehmen. Fraunhofer-Forscher haben deshalb robuste und zuverlässige Standardroboter entwickelt, die sich in großer Zahl produzieren und flexibel an verschiedene Einsatzzwecke anpassen lassen.

Text: Tim Schröder

Mit dem Tauchroboter die Tiefe zu erkunden, das hat auch heute noch den Charme des Außergewöhnlichen, die Aura von Jules Vernes »20 000 Meilen unter dem Meer«. Doch die Arbeit unter Wasser ist längst ein Alltagsgeschäft: In der Nordsee, insbesondere vor Großbritannien, sind in den vergangenen Jahren Dutzende Offshore-Windräder installiert worden. Viele Hundert sollen bis Ende dieses Jahrzehnts hinzukommen. Künftig will man sie mit Tauchrobotern warten. Bei der Ölförderung, die heute Wassertiefen von etwa 3000 Metern erreicht hat, ist man ohnehin auf Unterwasservehikel angewiesen. Und für Geologen ist es mittlerweile Routine, den Meeresboden auf der Suche nach neuen Rohstoffquellen mit Tauchrobotern abzuhorchen.

Erstaunlich wenig Routine gibt es heute hingegen bei der Herstellung der Unterwasserroboter. Vielfach sind die Gefährte Sonderanfertigungen, angepasst an eine bestimmte Wassertiefe und einen festgelegten Einsatzzweck. Und das, obwohl der Bedarf so groß ist. Was fehlt, ist ein robustes und flexibles Gerät, das in großer Zahl hergestellt werden kann, ganz wie ein VW-Bus, der sich je nach Bedarf in einen Camping-, Familien- oder Lieferwagen verwandeln lässt.

Dieser VW-Bus für die Tiefe könnte schon bald Wirklichkeit werden, denn am Institutsteil Angewandte Systemtechnik AST des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB in Ilmenau sind in den vergangenen fünf Jahren zwei derartige Multifunktions-Tauchroboter entstanden: zum einen ein ferngesteuertes, torpedoförmiges Gefährt namens TIETeK, das künftig in bis zu 6000 Metern Wassertiefe operieren soll. Dieser Roboter wurde in einem gemeinsamen Projekt mit vier anderen Fraunhofer-Instituten entworfen und als Prototyp umgesetzt; zum anderen die IOSB-Eigenentwicklung C-Watch, eine eher kastige Rahmenkonstruktion aus Aluminium für den harten Arbeitsalltag in Binnengewässern und Küstennähe.

Im Mai 2013 wurden bereits zwei C-Watch-Roboter nach China verkauft. Dort sollen sie einerseits für die Unterwasserbeobachtung in Aquakulturanlagen eingesetzt werden, unter anderem, um das Verhalten der Zuchtfische zu überwachen und auf deren Gesundheitszustand schließen zu können. Andererseits möchte man mit ihnen die Gewässerqualität in Kanälen und an der Küste untersuchen.

Beide Systeme sind sehr flexibel. »Wir haben C-Watch und TIETeK so konstruiert, dass verschiedene Sensoren an ihnen befestigt und vor allem sehr schnell ausgetauscht werden können. Zudem verfügen sie über Hochleistungsbatterien. Damit sind die Geräte in der Lage, viele Stunden lang im Einsatz zu bleiben«, erläutert Prof. Dr. Thomas Rauschenbach, Leiter des AST in Ilmenau. Eine weitere Stärke: Die Apparate wiegen weniger als die Hälfte herkömmlicher Tauchroboter. Für gewöhnlich benötigt man große Forschungsschiffe mit starken Kränen, um Tauchroboter zu Wasser zu lassen. Die neuen Systeme können von kleinen Schiffen transportiert werden.

Wendiges Multifunktionstalent

Derzeit geht die Arbeit weiter: Die Experten wollen den Prototypen, der in dem von der Fraunhofer-Gesellschaft intern geförderten Projekt TIETeK entstanden ist, weiterentwickeln. Das Unterwasserfahrzeug soll in einem Nachfolgeprojekt in ein Produkt überführt werden. Damit die Weiterentwicklung von Anfang an in die richtige Richtung läuft, lud das Fraunhofer IOSB im Sommer Meeresforscher, Spezialisten aus der Offshore-Windindustrie und Tiefseebiologen ein. Rauschenbach: »Wir wollten direkt von den Anwendern hören, welche Ansprüche sie an einen Tauchroboter haben.« Erste Priorität hat demnach die Zuverlässigkeit. Denn anders als beim Pkw treten heute bei Unterwasserrobotern noch häufig Defekte auf – vor allem bei der Hardware. Die Kunst besteht darin, ein zuverlässiges und zugleich energiesparendes System zu bauen, damit der Roboter lange sicher fahren kann.

Überhaupt ist es wichtig, die Einsatzzeit zu erhöhen. Schiffsexpeditionen sind teuer, daher sollten Roboter möglichst lange im Wasser bleiben, um wissenschaftliche Daten sammeln oder andere Arbeiten verrichten zu können. Herkömmliche Systeme müssen häufig an Bord geholt werden, um Batterien auszuwechseln oder Datenspeicher auszulesen. Deshalb setzen die IOSB-Forscher auf Hochleistungsakkus. Damit sollen die Roboter künftig bis zu 23 Stunden unterwegs sein. »Darüber hinaus arbeiten wir derzeit an einem Batteriemodul, das man schnell mit wenigen Handgriffen auswechseln kann«, sagt Torsten Pfützenreuter, der am AST die Arbeitsgruppe Maritime Systeme leitet. Damit sich das zeitraubende Auslesen der Daten künftig vermeiden lässt, soll das U-Boot außerdem mit einem auswechselbaren Datenspeicher arbeiten. Beides wird dazu beitragen, die Zeit, die der Roboter an Bord ist, deutlich zu verringern.

Zu einem Multifunktionstalent wird ein Unterwasserroboter aber erst dann, wenn er schnell mit verschiedenen Sensoren ausgerüstet werden kann. So gibt es neben einfachen Thermometern oder Salzgehaltssonden heute ausgeklügelte Echolotantennen und Akustiksysteme, mit denen man die Bodenschichten nach Mineralien oder Erdöl durchsucht. Manche Sensoren sind einen halben Meter breit. Häufig müssen solche Geräte mühsam an der Seite eines Roboters verschraubt werden. Die Fraunhofer-Forsher wollen deshalb das Unterwasserfahrzeug größer konstruieren. Der Laderaum soll etwa den Umfang eines kleinen Kühlschranks haben.

Pfützenreuter und Rauschenbach schwebt ein modulares Gefährt vor, das sich je nach Kundenwunsch schnell für einen bestimmten Einsatz ausrüsten lässt. »Um in einem Windpark an den Fundamenten der Windradmasten zu manövrieren, braucht man starke Motoren und eine leistungsfähige Steuerung«, informiert Pfützenreuter. »In der Tiefsee bewegt sich das Unterwassergefährt hingegen sehr langsam, da kommt es auf Ausdauer an. Unsere Unterwasserroboter werden wir entsprechend ausstatten können.«

Das Ziel der Forscher ist es, sowohl den TIETeK als auch den C-Watch künftig in Lizenz produzieren zu lassen. »Wir gehen von großen Stückzahlen aus, denn der Bedarf an Unterwasserrobotern hat in den vergangenen Jahren weltweit deutlich zugenommen«, sagt Rauschenbach. Für die Windkraftbranche etwa spielen auch Sicherheitsaspekte eine Rolle. Bislang werden vor allem Taucher für Unterwasserarbeiten oder die Inspektion an Offshore-Windrädern eingesetzt. Dabei kommen immer wieder Menschen ums Leben – in der deutschen Nordsee zuletzt im Sommer 2013. Wendige und leichte Unterwasserroboter könnten einen Teil der Arbeiten übernehmen. Dank ihres geringen Gewichts ließen sie sich zudem von kleineren Versorgungsschiffen direkt im Windpark platzieren.

»Auch das macht einen guten Roboter aus – wenige Leute sollten ihn schnell aussetzen und wieder an Bord holen können«, sagt Pfützenreuter. Wer dafür erst ein Schlauchboot zu Wasser lassen muss, verliert nur Zeit und gefährdet unter Umständen die Besatzung. ■

Betonrecycling. © *Fraunhofer IBP*

Bundessieger im Land der Ideen

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP hat bei der Initiative »Deutschland – Land der Ideen« mit seinem Forschungsprojekt »Recycling von Altbeton« in der Kategorie Wissenschaft gewonnen.

Wie lässt sich Beton wiederverwerten? Die Fraunhofer-Forscher haben dafür einen besonderen Ansatz gewählt: Sie zerlegen den Werkstoff mithilfe der elektrodynamischen Fragmentierung in seine Bestandteile Zement, Wasser und Gesteinskörnung wie Kies oder Kalksplitt. Dazu wird der Beton unter Wasser gegeben und ein 150 Nanosekunden-Blitz generiert. So ein kurzer Blitz schlägt bevorzugt in den Festkörper ein und nicht ins Wasser. Im Beton sucht sich er dann den Weg des geringsten Widerstands, das sind die Grenzen zwischen den Bestandteilen, also zwischen Kies und der Zementsteinmasse.

Ausgezeichnetes Design: Fahrradjacke mit LEDs. © *Utope*

Design Award für Hightech-Jacke

Die Fahrradjacke »Sporty Supaheroe« hat den Red Dot Design Award 2013 in Kategorie »Design Concept« gewonnen. Entwickelt wurde die Hightech-Jacke von Wolfgang Langeder (UTOPE) in enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM und der Stretchable Circuits GbR.

Die Besonderheit der Kleidung: Integrierte LEDs machen Radler besser sichtbar. In der Fahrradjacke ist ein mikroelektronisches System integriert, das LEDs, Sensoren, Steuerungselemente, einen Ein- und Aus-Schalter sowie eine wiederaufladbare Batterie beinhaltet. Das verkapselte System ist dabei dehnbar wie Textilien. Es reagiert auf Bewegungen des Trägers und synchronisiert diese mit dem Lichtmuster der LEDs im Vorder- und Rückenbereich.

Fraunhofer auf Messen

Januar

17. – 26. Januar
Grüne Woche, Berlin
Internationale Ausstellung der Ernährungswirtschaft und Landwirtschaft sowie des Gartenbaus

Februar

25. – 27. Februar
embedded world, Nürnberg
Fachmesse für Embedded-Technologien in den Bereichen Hardware, Software, Tools und Dienstleistungen

März

10. – 14. März
CeBIT, Hannover
Internationale Messe für Informationstechnik

12. – 14. März
JEC, Paris
Messe für Leichtbau und Verbundwerkstoffe

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

Franziska Kowalewski franziska.kowalewski@zv.fraunhofer.de
Susanne Pichotta susanne.pichotta@zv.fraunhofer.de
Welf Zöller welf.zoeller@zv.fraunhofer.de

Personalien

Die Association for Computing Machinery (ACM), hat den Leiter des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Informationstechnik FIT, **Professor Matthias Jarke** zum ACM Fellow gewählt. Die ACM gehört mit etwa 100 000 Mitgliedern zu den wichtigsten internationalen Fachgesellschaften in der Informatik.

Rolf Aschenbrenner, Leiter der Abteilung System Integration & Interconnection Technologies am Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM, ist von IEEE für seinen herausragenden Beitrag zur Globalisierung der Organisation mit dem David Feldman Outstanding Contribution Award ausgezeichnet worden. IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ist der weltweit größte Berufsverband von Ingenieuren.

Der langjährige Leiter des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO und des IAT der Universität Stuttgart, **Professor Dieter Spath**, hat den Vorsitz des Vorstands der WITTENSTEIN AG übernommen. Professor **Wilhelm Bauer**, bislang stellvertretender Institutsleiter, übernahm die kommissarische Leitung der beiden Institute. Stellvertretende Institutsleiterin wird **Professorin Anette Weisbecker**.

Dr. Joachim Storsberg vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP, hat den »Translational Research Award in Cornea and Ocular Surface Science« erhalten. Damit würdigte die führende europäische ophthalmologische Forschungsvereinigung EVER (European Association for Vision and Eye Research) die Entwicklungsleistung des Fraunhofer-Forschers auf dem Gebiet der künstlichen Hornhaut.

Die NATO zeichnete **Professor Maurus Tacke** für seine Beiträge zur Verbesserung des Wissenstransfers und der technologischen Zusammenarbeit zwischen Forschung, Industrie und der NATO aus. Die »Von Kármán Medaille« ist die höchste Auszeichnung, die vom Science & Technology Board (STB) der NATO vergeben wird. Tacke war bis Ende April 2013 Institutsleiter des Fraunhofer IOSB am Standort Ettlingen und ist nun im Ruhestand.

Der Klaus Tschira Preis zeichnet Forscher für anschauliche Einblicke in ihre Doktorarbeiten aus. In der Kategorie Informatik wurde **Dr. Barbara Krausz** vom Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS für ihren Artikel »Wann ist es zu voll?« geehrt.

Dr. Martin Schubert vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE hat den Ulrich Gösele Young Scientist Award 2013 erhalten. Schubert bekam die Auszeichnung für seine Forschungsarbeiten über Messung, Simulation und Herkunft von Verunreinigungen in multikristallinem Silizium.

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:
Beate Koch, Birgit Niesing (Chefredaktion)
Marion Horn, Franziska Kopold,
Tobias Steinhäußer, Monika Weiner,
Christa Schraivogel (Bild und Produktion)

Redaktionelle Mitarbeit:
Janine von Ackeren, Andreas Beuthner,
Günter Fuhr, Frank Grotelüschen, Klaus Jacob,
Monika Offenberger, Brigitte Röthlein,
Isolde Rötzer, Ulrike Zechbauer

Graphische Konzeption: BUTTER. Düsseldorf
Layout: Vierthaler & Braun, München
Titelbild: shutterstock
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. Februar 2014

Bezugspreis im Mitgliedspreis enthalten.

© Fraunhofer-Gesellschaft, München 2014

ClimatePartner klimaneutral gedruckt

FSC www.fsc.org MIX Papier aus verantwortungsvollen Quellen FSC® C018312

Fraunhofer

Aus dem Hause
DIE ZEIT

Akademiker brauchen einen Stellenmarkt, der ihren Namen trägt.

academics.de, der führende Stellenmarkt für Wissenschaftler

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/fraunhofer
Der schlauere Stellenmarkt

Sie möchten eine **Anzeige schalten** und wünschen eine individuelle Beratung? Das academics-Team freut sich auf Ihren Anruf.
Telefon: **+49 (0)40/320 273-50** // E-Mail: **anzeigen@academics.de**