

Fraunhofer Magazin

The background image shows a person's hands holding a small white box that contains an RFID tag. The tag has a gold-colored antenna and the text 'RFID' and 'C1 C2' on it. In the background, there is a large roll of printed circuit boards (PCBs) with various components and traces. The overall scene is set in a laboratory or manufacturing environment with green and blue lighting.

Life Sciences
**Medizin aus der
Pflanzenfabrik**

Werkstoffe
**Leicht, leichter,
Magnesium**

Optik
**Spiegel gegen
Turbulenzen**

**RFID –
bald funkt
es überall**

4.2004

BERTHOLD LEIBINGER INNOVATIONSPREIS 2004

Wir gratulieren den Preisträgern!

Der Berthold Leibinger Innovationspreis zeichnet nicht nur die Preisträger aus. Auch die Leistungen zahlreicher, weiterer Forscher und Entwickler im faszinierenden Feld des Lasers erfahren dadurch eine besondere Würdigung.

Die Berthold Leibinger Stiftung und die Jury danken allen Bewerbern für ihre beeindruckenden Arbeiten.



1 2 3

1. Preis

Prof. Dr. Ursula Keller
Eidgenössische Technische
Hochschule Zürich
**"SESAM - Semiconductor
Saturable Absorber
Mirror für Ultrakurz-
puls laser"**

2. Preis

Prof. Dr.
Andreas Tünnermann,
Dr. Stefan Nolte,
Dr. Holger Zellmer
Friedrich-Schiller-Universität
Jena & Fraunhofer-Institut
für Angewandte Optik und
Feinmechanik
**"Hochleistungsfaserlaser
und deren
Anwendungen"**

3. Preis

Priv.-Doz. Dr. Axel Rolle
Fachkrankenhaus Coswig
**"Lungenparenchym-
Laserchirurgie"**



Berthold Leibinger Stiftung GmbH
Johann-Maus-Straße 2
D-71254 Ditzingen
<http://www.leibinger-stiftung.de>



Technik entdecken – Zukunft gestalten

Mit einer Fülle fantasievoller Aktionen setzt das »Jahr der Technik« nun zum großen Endspurt an. Während täglich irgendwo im Lande – von Leuna bis Landshut und von Husum bis Rust bei Freiburg – Veranstaltungen stattfinden, die Jung und Alt Technik verstehen und erleben lassen, fährt das Ausstellungsschiff MS Technik durch Deutschlands Wasserstrassen, wandert das »Tor zur Technik« von Ort zu Ort und rollt der nanoTruck durch die Regionen Deutschlands.

Die Höhepunkte des Spätsommers und Herbsts liegen im Süden und Westen. Anfang September verwandelte sich in Gelsenkirchen das Gelände rund um die Arena AufSchalke in einen IdeenPark. »Zukunft Technik entdecken« ist das Motto des umfangreichen Veranstaltungsprogramms für Kinder und Erwachsene. Ende September folgt der Wissenschaftssommer in Stuttgart, den die Initiative Wissenschaft im Dialog gemeinsam organisiert mit dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, der Universität Stuttgart und weiteren Partnern. Unter dem diesjährigen Leitthema »Mobilträume – Mobilität & Kommunikation« findet eine Woche lang auf Stuttgarter Straßen und Plätzen, in Vortragsälen, Ausstellungshallen, Kinos und Forschungslaboren ein vielfältiges Programm zum Mitmachen und Anfassern statt. Zur thematischen Unterstützung dieser Aktivitäten haben wir für dieses Heft die Sonderbeilage »Mobile Welt« zusammengestellt. Sie informiert über neuartige Verkehrsinformationssysteme, Management gegen Stau, Flughafenlogistik und wie Autos sicherer werden.

Besonders herausragend sind in Stuttgart die Aktionen, die speziell für Kinder und Jugendliche entwickelt wurden. So warten wir alle gespannt auf die 14 Meter lange und drei Meter hohe Knatter-Ratter-Ächz-Stöhn-Maschine, die mit lautem Scheppern, Tuten und Hahnenkrähen den Wissenschaftssommer auf dem Stuttgarter Schloßplatz eröffnen wird. Die Fantasiemaschine wurde von Schülern in einem bundesweiten Erfinderwettbewerb, der gemeinsam mit dem Tigerenten-Club des Südwestrundfunks ausgerichtet wurde, konzipiert und gebaut – großzügig unterstützt auch von Fraunhofer-Instituten, wie Sie in unserer Reportage auf den Seiten 62ff lesen können.

Das Thema Mobilität wird – mit weiteren Ideen angereichert – im Oktober in Darmstadt und auf den Münchner Wissenschaftstagen der breiten Bevölkerung nahe gebracht. Den Abschluss der Großveranstaltungen zum »Jahr der Technik« bildet in Duisburg

die viertägige Veranstaltung »VITALITÄTSIMPULS – Existenz & Energie«. Dabei geht es um die Fragen, wie wir in Zukunft leben und wohnen werden. Wie können wir die Energieversorgung der Zukunft sichern, ohne dass unser Ökosystem Schaden nimmt? Damit die Impulse weiterwirken, die im »Jahr der Technik« initiiert wurden, haben die Veranstalter entschieden, in den nächsten Jahre – immer im Juni – einen gemeinsamen Tag der Technik durchzuführen, an dem bundesweit alle mit Forschung und Technik befassten Organisationen und Einrichtungen ihre Türen öffnen und die Bevölkerung hereinholen zu Information und Dialog.

Das »Jahr der Technik« wurde gleichzeitig zum »Jahr der Innovationen« ausgerufen. Beiden gemeinsam ist die Erkenntnis, welche überragende Rolle Bildung, Technik und Innovation für die Zukunft Deutschlands spielen. Die Fraunhofer-Gesellschaft engagiert sich hier intensiv. Gestartet ist sie Anfang des Jahres zum einen mit zwölf Leit-Innovationen, die zeigen, wo Chancen für Deutschland liegen, zum anderen mit dem Buch »Trendbarometer Technik«, das an über hundert Beispielen demonstriert, dass wir immer noch ein Land der Ideen sind. Inzwischen hat auch die Innovations-Initiative Fahrt aufgenommen und in ihren Impulskreisen mit der inhaltlichen Arbeit begonnen, so dass wir im nächsten Jahr Ergebnisse erwarten dürfen.

Die großen Herausforderungen, die der rasche technische Wandel an die Bevölkerung stellt, können wir nur bewältigen, wenn wir alle Menschen auf die Reise in die Zukunft mitnehmen. Wir Forscher, Wissenschaftler und Techniker dürfen nicht nachlassen, den Nachwuchs zu begeistern, die Verantwortlichen zu überzeugen und die Bevölkerung zu gewinnen – denn Deutschland hat nur eine Zukunft als kreative, innovative Gesellschaft.

Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger
Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft

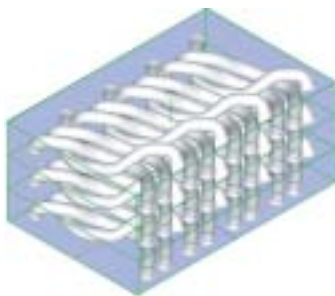
Inhalt

Titelthema
RFID – bald funkt es überall
Elektronische Etiketten statt Alltagsgegenstände mit »Intelligenz« aus.
Seite 8



- Titelthema**
8 RFID – bald funkt es überall
Die RFID-Technik sorgt dafür, dass Daten über kurze Entfernungen drahtlos ausgetauscht werden. Schon bald werden die Funk-Chips einen Massenmarkt erobern.

- 6 **Spektrum**
- 19 **Kontakte**
- 29 **International**
- 41 **Service**
- 45 **GründerWelt**
- 56 **Fraunhofer inside**
- 66 **Schaufenster**
- 67 **Impressum**



Eine neue Software hilft beim Platz sparenden Packen.
Seite 20

- Life Sciences**
14 Pilzresistenter Weizen
Grüne Gentechnik schützt Weizen vor Pilzbefall.
- 16 Medizin aus der Pflanzenfabrik**
Arznei vom Acker: Pflanzen produzieren medizinische Wirkstoffe.
- 18 Alternative zum Tierversuch**
Gezüchtete Herzmuskelzellen helfen Tierversuche zu reduzieren.

- Information und Kommunikation**
20 Wer gut packt gewinnt
Der PackAssistant verpackt jedes Bauteil Platz sparend.

- 22 Leichter planen mit ConTrain**
Eine neue Simulationssoftware hilft beim Erstellen von Fahrplänen.
- 24 Zuverlässige Software fürs Auto**
Elektronik macht Fahrzeuge sicher, aber auch Aussetzer wahrscheinlicher.
- 26 Software-Entwicklung mit Perspektivenwechsel**
Interview mit Prof. Herbert Weber

Auf der Suche nach Schutz vor Fusarien-Infektionen.
Seite 14



Ein Großteil der Innovationen beim Auto liegen bei der Elektronik.
Seite 24



In der Produktion
geht der Trend zu
individualisierten
Massenprodukten.
Seite 30

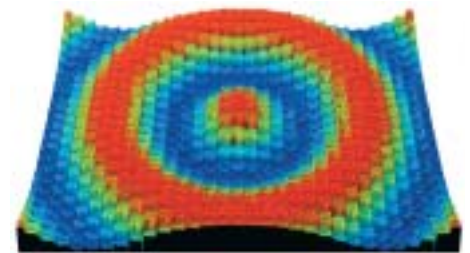
- 30 Produktion**
»Vielfalt in Serie?«
Die Entwicklung innovativer Produkte in Deutschland ist gefordert.
- 32 Vom schnellen Prototypen zum schnellen Produkt**
In wenigen Stunden lassen sich Werkzeuge, Bauteile und sogar Implantate herstellen.
- 34 Schwindelfreie Heinzelmännchen**
Nie wieder Fenster putzen – Roboter nehmen künftig diese lästige Arbeit ab.
- 36 Lasertechnik**
Laserstrahlschweißen macht Flugzeuge leichter
Die neuen Großraumflugzeuge erfordern XXL-Laserschweißanlagen.
- 38 Werkstoffe**
Leicht, leichter, Magnesium
Abspecken mit Magnesium – dank des Werkstoffs werden Autos leichter.
- 40 Schichten mit einstellbarer Aggression**
Photokatalytische Schichten sorgen für Autoscheiben, die nicht beschlagen.
- 44 Automatische Sichtprüfung**
Essay von Prof. Dr.-Ing. Jürgen Beyerer

Glasscheiben sollen
möglichst dauerhaft
beschlagfrei bleiben –
photokatalytische
Schichten machen es
möglich.
Seite 40



Optik

- 48 Spiegel gegen Turbulenzen**
Ein neuer Sensor misst Luftwirbel – die unsichtbaren Gefahren im Luftverkehr.
- 50 Knick in der Optik**
Das unscharfe Sehen beim Menschen geht auf gestörte Lichtwellenfronten zurück.
- 52 Dünne Schichten, dicker Fortschritt**
Firmenportrait über das Unternehmen Leybold Optics



Auf der Fläche eines
Daumennagels sind
fast 50 000 Spiegel
angeordnet.
Seite 50

- 54 Bauphysik**
3-Liter-Häuser für jeden Geschmack
Ultra-Niedrigenergiehäuser helfen Energie zu sparen.
- 56 Mikroelektronik**
Lichtblitze im Pikosekundentakt
Glasfasernetze sollen für den schnellen Datentransfer der Zukunft sorgen.
- 59 Forschungspolitik**
Risiko Fortschritt?
»acatech« gibt technologiepolitische Hilfestellung.
- 60 Umwelt**
Sonnenkollektoren auf dem Prüfstand
Ein Solarsimulator zum Test von Kollektoren wird nach Brasilien exportiert.
- 62 Jahr der Technik**
Konstruieren mit Fantasie
Mini-Ingenieure bauen Maschinen mit Fantasie und Geschick.

Spektrum



**Software-Agenten
machen Produktions-
anlagen intelligent.**
© MEV

Agenten am Steuer

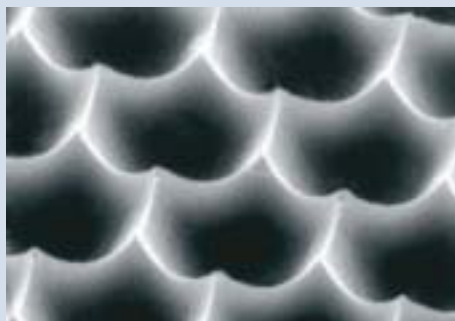
Agenten sind Software-Einheiten, die sich durch intelligentes Verhalten und Mobilität auszeichnen. Sie können selbstständig Aufträge ausführen, sich die dazu erforderlichen Informationen selbst beschaffen und selbstständig handeln. Mit Software-Agenten werden Produktionsanlagen intelligent. Bestehende IT-Systeme können einfach verknüpft werden. Am [Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung IITB](#) haben Ingenieure das agentenbasierte Produktionsleitsystem ProVIS.Agent entwickelt. Es basiert auf ProVIS.NT, einem objektorientierten Leitsystem, das im Bremer Werk der DaimlerChrysler AG im Einsatz ist. Die Software-Agenten sind flexibel und passen sich sehr gut an die spezifischen Produktionsprozesse in Unternehmen an. Unterschiedliche Einzelsysteme können an bestehende Produktionsleitsysteme angekoppelt werden, z.B. Karossenidentifikation, Materialsteuerung und Werkzeuge der Digitalen Fabrik.

Auf dem FISITA 2004 World Automotive Congress in Barcelona wurde die Entwicklung ausgezeichnet.

Solarzellen fangen mehr Licht ein

Eine Schallmauer ist durchbrochen – dank eines neuartigen Herstellungsprozesses wandeln jetzt auch Solarzellen aus multikristallinem Silizium 20,3 Prozent des Sonnenlichts in elektrische Energie um. Circa ein Drittel der Solarzellen wird bisher aus dem teureren monokristallinen Silizium hergestellt, das schon seit zwei Jahrzehnten Wirkungsgrade von über 20 Prozent erzielt. Über die Hälfte der weltweit gefertigten Solarzellen besteht jedoch aus dem günstigeren multikristallinen Silizium, das aufgrund seiner Materialeigenschaften bisher immer unter der 20-Prozent-Marke blieb.

Forschern des [Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE](#) in Freiburg ist es gelungen, den Herstellungsprozess für Solarzellen aus multikristallinem Silizium zu verbessern. Dazu wählen die Wissenschaftler bei der Herstellung genau die



**Oberflächentextur der
Rekord-Solarzelle.**
© Fraunhofer ISE

Temperaturen, die die elektrischen Eigenschaften des multikristallinen Siliziums optimieren und gleichzeitig hocheffiziente Strukturen erlauben. Mit einem patentierten Laser-Verfahren – LFC-Laser-Fired-Contacts – vereinfachen die Forscher zudem die Rückseitenkontaktierung der Solarzelle und bringen so das hohe Wirkungsgradpotenzial mit günstigen Herstellungsverfahren zusammen.

Exakt dosieren

Fast alle technischen Werkstoffe lassen sich kleben. Auch in der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik werden winzigste Bauelemente zum Aufbau elektronischer Schaltungen zunehmend durch kleinste Klebpunkte oder Linien verbunden.

Mit dem Hauptaugenmerk auf Leitlebstoff haben Wissenschaftler am [Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA](#) ein intelligentes Dosiersystem entwickelt. Es kann sowohl Linien als auch Punkte aus nieder- und hochviskosen Medien exakt und gleichmäßig auf unterschiedlichste Materialien aufbringen. Die dafür notwendige Mess- und Regeltechnik ist in das Werkzeug integriert.

Das Dosiersystem lässt sich einfach und in kurzer Zeit auf die unterschiedlichsten Produktanforderungen einstellen – so können die Hersteller schnell und flexibel auf die Wünsche ihrer Kunden reagieren.

Filtern bei extremer Hitze

In Autokatalysatoren und Abgasfiltern der Großindustrie spielen poröse Materialien eine entscheidende Rolle: Sie filtern und zersetzen heiße Abgase. Nun lassen sich nahezu alle Metalllegierungen zu Fasern verarbeiten, um daraus offenporige Sinterwerkstoffe herzustellen.

Die Metallfilter dienen zum Beispiel als Explosionsschutz an Elektromotoren. Ist der Motor überhitzt, strömen die heißen Gase durch den Filter ins Freie. Sie kühlen an der großen inneren Metalloberfläche stark ab – die Gefahr ist abgewendet. In einem EU-Projekt entwickeln die Forscher des [Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung](#)

[IFAM](#) gemeinsam mit der französischen Firma LECES bei Metz einen Filter für Schmelzöfen. Da deren Abgase mit Dioxinen belastet sind, müssen die Filter zusätzlich katalytisch aktiv sein, um die Giftstoffe wirkungsvoll zu zerstören.

Solche Filter aus Metall stellen IFAM-Forscher her. Die Basis sind kleine metallische Fasern – wenige Millimeter lang und lediglich ein zehntel Millimeter dick. Je nach Anwendung lassen sie sich zu Ringen, Rohren oder Scheiben formen. Mit dem neuartigen Verfahren können die Fasern direkt aus geschmolzenem Metall erzeugt werden. Auf die bisher gängigen Umformprozesse kann nun verzichtet werden.



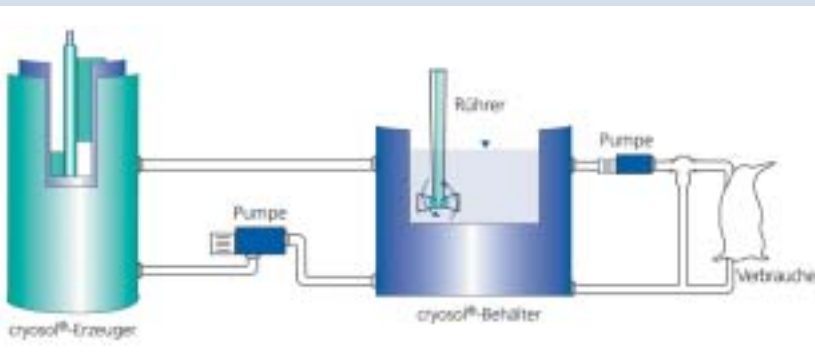
Der Filter aus gesinterten Metallfasern stoppt Flammenfronten in Rohrleitungen.

© Fraunhofer IFAM

Eiskalt geforscht

Ob Speiseeis oder Bier – beides schmeckt nur gut gekühlt. Auch Milch muss gleich nach dem Melken in den Kühlraum. Jedes Produkt erfordert eine spezielle Kältetechnik. Mit dem Flüssigeis CryoSol® können nicht nur Lebensmittel und Anlagen im produzierenden Gewerbe gekühlt, sondern auch Räume klimatisiert werden. Wissenschaftler vom [Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT](#) haben einen vielfältig einsetzbaren und leistungsfähigen Kälteträger entwickelt: CryoSol® ist flüssig, ungiftig und kann kostengünstig auf kleinstem Raum Kälte speichern. Der Clou: Der Kälteträger kann problemlos durch konventionelle Anlagen und Rohrleitungen gepumpt werden.

Das Flüssigeis wird in einem außen gekühlten Hohlzylinder erzeugt. Ein rotierender Eiskratzer schabt die winzigen Eiskristalle ab, die sich an den Wänden des Zylinders bilden. Die Kristalle wandern als Eiskristall-Wasser-Suspension in einen Speicherbehälter und sind je nach Bedarf zur Kältebereitstellung in Klimaanlage oder Kühlsystemen einsetzbar. Die Anlage hat eine wesentlich höhere Kältekapazität als die klassische Kühlung mit Wasser und verbraucht deutlich weniger Energie als Scherbenis-Wasser-Gemische. Für Abkühlung im UMSICHT Labor sorgt bereits eine CryoSol®-Anlage (www.cryosol.de).



Ein Feature des neuen Kühlverfahrens: Das Medium lässt sich mit geringem Energieaufwand umpumpen.

© Fraunhofer UMSICHT

Schneller verstehen

Besuch im Museum. Es blitzt und kracht. Die Schüler zucken zusammen. Was geht dort vor sich? Durch ihre Personal Displays schauen die Schüler dem Experiment zu und bekommen gleichzeitig zusätzliche Informationen eingeblendet. Mit ihrem mobilen Augmented-Reality-System können sich die Schülerinnen und Schüler frei um die Exponate herum bewegen, sehen die eingeblendeten technischen Erklärungen und können sogar mit den Klassenkameraden, die in der Schule geblieben sind, kommunizieren.

Wissenschaftler vom [Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT](#) koordinieren das soeben gestartete EU-Projekt CONNECT. Mit den Möglichkeiten der Informationstechnik entwickeln und erproben die Wissenschaftler zahlreicher Forschungseinrichtungen neue wissenschaftsdiaktische Konzepte. Sie machen nicht wahrnehmbare Phänomene mithilfe von Augmented Reality sichtbar. Komplexe naturwissenschaftliche Lerninhalte werden so für die Schüler einfacher nachvollziehbar und bleiben besser im Gedächtnis haften.



RFID – bald funkt es überall

Die Elektronik wird kleiner, leistungsfähiger und kostengünstiger. Bald wird sie Alltagsgegenstände mit ein klein wenig »Intelligenz« und Kommunikationsfähigkeit ausstatten. Die RFID-Technik, Radio-Frequenz-Identifikation, sorgt dafür, dass Daten über kurze Entfernungen drahtlos ausgetauscht werden. Als elektronisches Etikett oder multifunktionale Smart Card werden die Funk-Chips einen Massenmarkt erobern.

Das lästige Schlangestehen an den Supermarktkassen soll bald der Vergangenheit angehören, versprechen große Handelskonzerne wie Wal-Mart und Metro. Der Kunde passiert dann nur noch eine Schranke. Dort erfasst ein Lesegerät mithilfe der elektronischen Etiketten alle Waren, die im Einkaufswagen liegen. Via Bankkarte wird der vom Kunden bestätigte Betrag direkt vom Konto abgebucht.

Möglich machen soll diese Revolution im Einzelhandel die Radio-Frequenz-Identifikation, kurz RFID. Diese Funk-Technik hat sich in vielen Nischenanwendungen bereits bewährt, um Gegenstände drahtlos zu identifizieren, zu sortieren oder zu verfolgen. Ein RFID-System besteht aus Lesegerät und Transponder. Lesegeräte können als automatische Schleusen, als stationäre Geräte oder als mobile Handscanner gestaltet sein. Der Transponder – auch Tag, Smart Card oder Smart Label genannt – benötigt mindestens zwei Komponenten, den Chip, der Prozessor und Speicher enthält, und die Sende- und Empfangsantenne, die für den Datenaustausch via Funkwellen sorgt. Je nach Baugröße der Leseantennen und Frequenzbereich liegt der Leseabstand bei wenigen Millimetern bis zu einigen Metern. Die Transponder haben gegenüber dem heute verbreiteten Barcode den Vorteil, dass sie sich berührungslos und ohne direkten Sichtkontakt auslesen lassen. Sie können wesentlich mehr Informationen auf-

nehmen und sie sind gegen Verschmutzungen oder Verschleiß durch Verkapselung geschützt. Vor allem aber zeichnet RFID die Pulk-Erfassung aus. Ein RFID-Lesegerät ist in der Lage, bis zu 200 Transponder auf einmal auszulesen: einen ganzen Einkaufskorb, eine Palette oder ein Regal.

Schon heute sind Transponder weit verbreitet, in der Logistik, bei der Gepäckbeförderung auf Flughäfen, bei der Paketabfertigung der Post, beim Buchverleih in Bibliotheken. Sie helfen nicht nur Waren, sondern auch Menschen zu identifizieren, bei der Zugangskontrolle, am Skilift, bei Konzerten, in der Disko, im Hotelzimmer, in der Bahn oder bei der Zeiterfassung im Büro, beim Marathonlauf, beim Radrennen. Wild-, Nutz- und Haustieren werden Transponder unter die Haut implantiert, um sie identifizieren und orten zu können. Sogar Menschen lassen sich Transponder implantieren, um Entführungen vorzubeugen. Das zeigt, wie unerschöpflich das Anwendungsspektrum der funkenden Chips ist. Mit der drahtlosen Übertragung wird die Möglichkeit eröffnet, überall Daten zu erfassen. Damit ist gleichsam auch der letzte Meter an die Kommunikationsnetze angeschlossen, jedes Ding erreichbar.

»Da heute Chips angeboten werden, die kleiner als ein halber Millimeter im Quadrat sind und in Papier, Verpackung oder Textilien integriert werden können«, erläutert



Titelthema

RFID-Tag – dieses Etikett kann beliebig programmiert und per Funk identifiziert werden.

© Fraunhofer ESK



Dr. Karl-Heinz Bock vom [Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM](#). »hängt die Größe des Transponders vor allem von der Antenne ab.« Transponder gibt es in unzähligen Größen und Formen – als Etiketten zum Aufkleben, als Chipkarten, als runde Tags für den Schlüsselbund oder zum Befestigen an Mehrwegbehältern und als winzig kleine verkapselte Stäbchen zum Implantieren.

Aktive Transponder und passive Transponder

Aktive Transponder wie etwa der Autoschlüssel mit Funkfernbedienung enthalten zusätzlich eine Batterie, um jederzeit Informationen senden zu können. Passive Transponder – die häufigste Variante – senden nur, wenn sie von einem Lesegerät angesprochen werden. Die für die Antwort benötigte Energie entnehmen sie dem elektromagnetischen Feld, das die Lesestation aussendet. Schließlich noch eine Unterscheidung: Es gibt Transponder, die Informationen fest gespeichert haben, und welche, die sich neu beschreiben lassen. Dr. Gerd vom Bögel vom [Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS](#) nennt erheblich mehr Varianten. Stattet man die Transponder darüber hinaus mit Sensoren aus, kann man wichtige Parameter wie Temperatur, Druck oder Feuchte überwachen. Bei Lebensmitteln ist beispielsweise eine Unterbrechung der Kühlkette entscheidend, bei Autoreifen der Druck. Das IMS hat mit zahlreichen Partnern unterschiedliche Transponder entwickelt: Temperatur- und Druck-Transponder für den Einsatz im Auto oder einen Augeninnendrucktransponder für die Medizintechnik. In der Regel gilt allerdings, je komplexer und spezieller der Transponder, desto teurer.

Am längsten verbreitet sind Transponder in der Logistik. Bei Mehrwegtransportverpackungen können so Kreisläufe nachvollzogen und jederzeit bestimmt werden, wo sich die Container befinden. »Erst wenn man die gesamte Logistikkette betrachtet, erschließen sich die weitreichenden Potenziale«, berichtet Dr. Volker Lange vom [Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML](#). »Mit Transpondern lässt sich der Lebensweg eines Produkts lückenlos verfolgen – von der Herstellung über Handel und Vertrieb bis zum Endverbraucher und wieder zurück zum Recycling. Die automatische Identifikation ist unverzichtbar in einer integrierten Wertschöpfungskette. Denn sie schafft die Voraussetzung für die hoch anpassungsfähigen, adaptiven Liefernetzwerke der Zukunft.« Um zu de-



monstrieren, wie die neue Technologie in bestehende logistische Systeme integriert werden kann, hat das IML kürzlich »openID«, das Zentrum für die Integration von RFID-Technologien in komplexe logistische Systeme, eröffnet. In openID werden mit Kunden maßgeschneiderte Lösungen entwickelt, Komponenten getestet und der Know-how-Transfer organisiert.

Die Logistiker sind schon lange überzeugt: Ohne RFID geht in Zukunft nichts mehr. Und seit Großhändler wie Wal-Mart in den USA, Tesco in Großbritannien und Metro in Deutschland, aber auch Behörden wie das US-Verteidigungsministerium angekündigt haben, demnächst nur noch Waren zu akzeptieren, die mit RFID-Tags gekennzeichnet sind, überbieten sich die Marktprognosen. Forrester Research geht von einem kräftigen Wachstum der Technologie aus: Wurden im Jahr 2003 weltweit rund eine Milliarde RFID-Chips produziert, sollen es 2009 bereits 45 Milliarden sein. Future Horizons schätzt sogar, dass sich der Markt für »Label-Tags« von 300 Millionen Stück im Jahr 2003 auf 65 Milliarden Stück bis Ende 2004 vervielfachen wird. Sicher ist, hier wächst der nächste Milliardenmarkt für die Informationstechnologie heran. Allein in Europa soll sich der Markt nach der Prognose von Soreon Research von heute rund 400 Mio Euro auf über 2,5 Mrd Euro im Jahre 2008 entwickeln. Führender RFID-Markt in Europa ist Deutschland mit einem prognostizierten Volumen von knapp 600 Mio Euro im Jahre 2008.

Doch pünktlich mit den ersten Tests in deutschen Supermärkten ist RFID in die öffentliche Diskussion geraten. Kritiker warnen vor dem gläsernen Kunden. Nach Einschätzung der Gesellschaft für Informatik (GI) birgt die RFID-Technik erhebliche Risiken für den Datenschutz. Weil damit die Möglichkeit eröffnet wird, Einkaufsdaten mit Personendaten zu verknüpfen, forderte der GI-Präsident Prof. Matthias Jarke den Gesetzgeber auf, einen möglichen Missbrauch von vornherein zu unterbinden.

Auch der Industrieverband AIM, in dem sich Hersteller von Identifikationssystemen zusammengefunden haben, warnte vor einer überstürzten Einführung, wenn auch aus einem anderen Grund. Er bemängelt, dass die Technik für die dort angepeilte Produktebene noch nicht ausgereift sei. Was auf

Palettenebene funktioniere, müsse noch längst nicht für Einzelprodukte gelten. Doch der Vorstoß der mächtigen Handelshäuser könnte den nötigen Push bringen, um die vielen ungelösten Fragen nun mit Nachdruck anzugehen. Das sind neben der Massendatenverarbeitung, der Standardisierung, Zuverlässigkeit und Reichweite vor allem die Kosten.

Wettrennen zwischen deutschem und amerikanischem Handel

Das Wettrennen zwischen der amerikanischen Handelskette Wal-Mart mit Sun Microsystems als Technikpartner auf der einen Seite des Atlantiks und der deutschen Metro-Gruppe mit der Future Store Initiative und den Partnern IBM, Intel, SAP und inzwischen auch Siemens als Partner auf der anderen Seite beschleunigt die Entwicklung. Metro will noch in diesem Jahr, Wal-Mart im nächsten Jahr seine Zulieferer mit der neuen Technik ausstatten. Die Metro-Gruppe mit ihren Tochterunternehmen Praktiker, Baumarkt, Real, Media Markt, Saturn und Kaufhof hat eine Reihe von Pilotprojekten gestartet. Dabei geht es vornehmlich um Supply Chain, also um den Warenfluss von den Fabriken über die Distributionszentren bis zum Wareneingang beim Händler, weniger um das Kaufhaus.

Daher liegt der Schwerpunkt der elektronischen Nachverfolgung auf Paletten und Kästen, weniger auf Einzelprodukten. Metro erwartet Kosteneinsparungen, Optimierung von Bestellvorgängen und ein verbessertes Verlustmanagement. Allein bei den Lagerhaltungskosten sollen Einsparungen um 20 Prozent erreichbar sein. Das ergibt bei einem so großen Handelshaus Einsparungen von mehreren Milliarden US-Dollar. Allerdings sollte man die Investitionen bei den Kaufhäusern nicht unterschätzen. Während die Einführung der reinen Technik vielleicht ein paar hunderttausend Dollar kostet, kann sich die Systemintegration rasch auf einige Millionen Dollar summieren. Langfristiges Ziel der Metro Future Store Initiative ist es, weltweit einheitliche Standards für den Handel einzuführen.

In einem dreimonatigen Praxistest erprobte Kaufhof beispielsweise gemeinsam mit dem Bekleidungslieferanten Gerry Weber den Einsatz von RFID-Tags. Aufgabe ist die lückenlose Verfolgung der Ware über die gesamte Logistikkette. »So haben wir die Reise der Kleidungsstücke – vom Hersteller über das Kaufhof-Lager bis in die zwei Testfilialen in Münster und Wesel – genau im Blick«, sagt Wilfried Kanzok, Leiter Logistik bei Kaufhof. Ziel des Pilotprojekts ist es, Erkenntnisse über die Nutzung, Wirtschaft-



lichkeit und Weiterentwicklung der neuen Technologie zu gewinnen. Wissenschaftlich begleitet wurde der Test von den Fraunhofer-Experten am IML und IMS sowie dem Euro-Handelsinstitut.

Durch den Einsatz der Transponder entfallen aufwändige manuelle Vorgänge: Der Dienstleister muss die Kleidungsstücke nicht mehr einzeln scannen. Lesegeräte an den Warenein- und -ausgängen des Zentrallagers erfassen die Ware automatisch. Den höchsten Nutzen bringen Echtzeit-Inventuren bei Verkaufsregalen, wo zu spät entdeckte Fehlbestände zu Umsatzverlusten führen. Kaufhof testet in der Logistik sowohl RFID-Tags an Einzelprodukten als auch

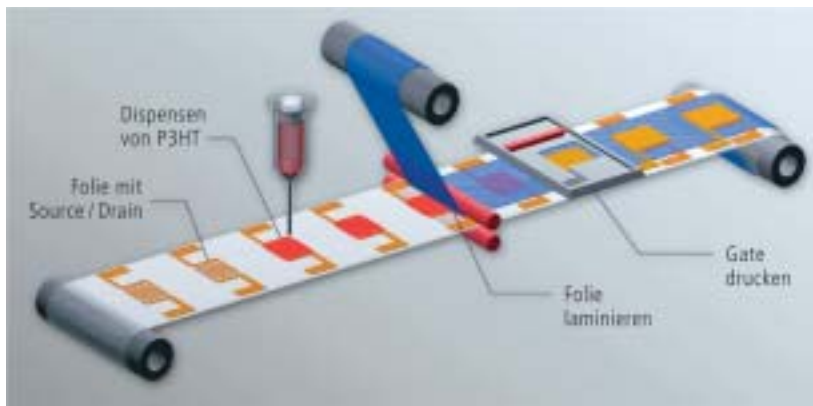
an Transportbehältern. Die Reise der rund 20 000 RFID-Tags, die in dem Test eingesetzt werden, endet an der Kasse. Dort werden sie entfernt, um neu beschrieben und auf die nächste Tour geschickt zu werden. »Der Pilotversuch hat gezeigt, dass die RFID-Technologie auch bei den Anwendern, also beim Lagerarbeiter und der Verkäuferin einen hohen Zuspruch findet. Denn die Technologie vereinfacht viele Prozesse deutlich. So erfasst die Verkäuferin den Warenbestand auf einem Kleiderständer mit einem Handscanner in wenigen Sekunden. Mit den herkömmlichen Barcodes dauert es erheblich länger«, erläutert Dr. Gerd vom Bögel, der die Tests technisch betreut hat. Das IML will darüber hinaus weitere Fragen

Bock, »haben sie das Potenzial, den herkömmlichen Barcode zur Identifikation von Waren abzulösen.« Bis dahin werden Barcode und RFID wohl parallel benutzt werden – und die Warenwelt in zwei Klassen aufsplitten: Teure Produkte wie Elektrogeräte oder Medikamente erhalten das smarte Label, einfache Massenware wie die Milchtüte oder der Kugelschreiber müssen sich mit dem dummen Strichcode begnügen.

Die RFID-Technologie kann aber auch im Haus der Zukunft eingesetzt werden. Erste Anwendungen realisieren Forscher des Duisburger IMS unter dem Namen »Smart Home Supply«. Dort erfassen stationäre Lesegeräte im Vorratsraum, Kühlschrank und Medizinkasten die Vorräte. Über einen PDA, Touchscreen oder den Fernseher kann der Bewohner nicht nur Bestand und Verfallsdaten abrufen, sondern sich auch an die Einnahme von Medikamenten erinnern lassen. Fehlt etwas, wird einfach via Handy ein Einkaufszettel an den Online-Supermarkt geschickt werden. Ist der Bewohner bei der Anlieferung mal nicht zu Hause, steht die »Home-Box« zur Verfügung. »Wir erwarten den ersten Einsatz dieser Technik in der Medikamentenversorgung im Bereich betreutes Wohnen«, so Klaus Scherer, der Leiter des inHaus-Zentrums in Duisburg.

Forschungszentren in München, Dortmund und in Magdeburg

»Das Interesse an RFID-Lösungen steigt sprunghaft, fast täglich erhalten wir Anfragen von Interessenten«, berichtet Winfried Holz, der Leiter des weltweiten Geschäfts mit IT-Lösungen bei Siemens Business Services. Siemens hat seine Aktivitäten auf dem RFID-Gebiet stark ausgebaut, ist Mitglied der METRO-Future-Store-Initiative geworden und hat kürzlich zwei Zentren für die Funktechnologie eröffnet: das mit Intel gemeinsam aufgebaute RFID-Forschungslabor bei München und das RFID-Zentrum »Log-MotionLab« am [Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF](#) in Magdeburg. Dieses Test- und Entwicklungslabor bietet Industrie, Handel und Dienstleistern auf 1 800 Quadratmetern alle wichtigen RFID-Technologien und -Systeme zum Ausprobieren. »Wir haben Siemens Business Services als Partner für dieses in Deutschland einzigartige Testlabor ausgewählt, da uns deren Beratungs- und Integrationskompetenz sowie Erfahrung mit



Rolle-zu-Rolle-Verfahrenstechnik zur Herstellung von Polymertransistoren.
© Fraunhofer IZM

untersuchen: Werden mit den Tags die bisher üblichen Diebstahlsicherungen überflüssig? Lassen sich damit auch Markensicherheit und Originalitätsschutz gewährleisten? Wird »Self Scanning« an der Kasse möglich? Eröffnen sich Wege zur »Intelligenten Umkleidekabine«, die auf alternative Größen und Farben verweist?

Der Einsatz von RFID bei Einzelprodukten steht und fällt mit dem Preis. Das gilt insbesondere für die Smart Labels. Das sind papierdünne, etwa visitenkartengroße Transponder, die sich aufkleben oder in Papier und Kunststoff einlaminiert lassen und eine typische Reichweite von einem Meter besitzen. Der Preis für Smart Labels liegt je nach Qualität und Hersteller derzeit zwar schon unter einem Euro und reicht bis etwa 20 Cent. Doch selbst die von Wal-Mart anvisierten 5 Cent sind noch weit entfernt von der magischen Grenze von einem Cent. »Erst wenn Smart Labels für weniger als einen Cent hergestellt und auf das Produkt aufgebracht werden können«, meint Dr.

Hängesortier: Die Anlage sortiert Hängeware anhand des Elektronischen Produktcodes auf den Warenketten.
© METRO AG





Titelthema

RFID-Projekten überzeugt hat«, erklärte Prof. Michael Schenk, Leiter des IFF bei der Eröffnung.

Schon jetzt sind in Magdeburg mehr als 30 unterschiedliche Systeme aufgebaut, berichtet Steffen Fröhlich, der Leiter des Log-MotionLab: »Wir haben mobile und festinstallierte Schreib- und Lesesysteme zur automatischen Identifizierung von Waren, eine große Bandbreite an Transpondern unterschiedlicher Hersteller, Sensorsysteme zum Erfassen und Zählen von Güter- und Personenströmen wie etwa beim E-Ticketing, aber auch alle wichtigen Technologien zur Ortung von Objekten in Räumen und im Freien wie RFID, Wireless LAN, GPS, GSM, Loran-C.« Ziel des Labors ist es, einzelne Komponenten und Systeme auf ihre Praxistauglichkeit zu testen, zu optimieren und schließlich zu bewerten. Unternehmen können an ihre Bedürfnisse angepasste Lösungen entwickeln, bevor sie eigene Investitionen tätigen. Im Vordergrund stehen Logistikprozesse. Deshalb sind zwei Materialflusssysteme aufgebaut. Auf einer 15 Meter langen Strecke werden Waren, die mit RFID-Chips ausgestattet sind, in hohem Tempo über Berg und Tal transportiert. Die Wissenschaftler untersuchen dabei, wie viele Daten sich bei welchen Geschwindigkeiten noch korrekt erfassen lassen und wie die Transponder auf Temperatur, Vibration, Stöße, chemische Substanzen und elektromagnetische Störungen reagieren.

RFID-Eintrittskarten für die Fußball-WM 2006

Nicht nur in der Logistik, auch bei der Zugangskontrolle oder der Zeiterfassung in Unternehmen haben sich Transponder längst etabliert. In vielen Hotels lassen sich die Zimmer nur noch mit Transponder-Chipkarten öffnen. Bald sollen auch die Eintrittskarten funken. Deutschland will bei der Fußball-Weltmeisterschaft 2006 den Zugang zu den zwölf deutschen WM-Stadien durch RFID-Tickets sichern. Die Fans erhalten die im Internet gekauften Eintrittskarten vier bis sechs Wochen vor dem Anpfiff per Post. Da verloren gegangene Tickets elektronisch gesperrt werden können, kann der Versand durch die normale Briefpost erfolgen – die bisher in solchen Fällen übliche Auslieferung per Wertbrief entfällt. Laut Organisationskomitee rechnen sich die Mehrkosten für die Funkchips schon allein dadurch.

Wie eine Büroumgebung mithilfe von RFID komplett vernetzt werden kann, untersucht das Projekt Ubicom, das vom Freistaat Bayern gefördert wird. Die Fraunhofer-Einrichtung für Systeme der Kommunikationstechnik ESK entwickelt in dem Projekt ein intelligentes, kontextabhängiges Verfahren, das Mitarbeitern automatisch Anrufe weiterleitet, egal wo sie sich im Gebäude gerade befinden. Kernelement ist das Personal Office Gateway POG, ein kleines Kästchen, das in jedes Zimmer installiert wird. Diese neue Schnittstelle soll alle vier Arten von Netzen miteinander verknüpfen: RFID für die Kommunikation mit Gegenständen und der Identifikation des Mitarbeiters, Bluetooth für die Kommunikation mit mobilen Endgeräten, Ethernet für die Vernetzung der POGs mit dem Server und den PCs und WLAN für die Anbindung von Notebooks mit hohem Bandbreitenbedarf. Mithilfe der POGs können alle Gegenstände inventarisiert und verwaltet und letztlich auch Heizkörper, Türen, Fenster, Licht gesteuert und kontrolliert werden – die perfekte Raumautomatisierung.

Nicht nur im Büro, sondern auch in der Freizeit breiten sich die Transponder aus: Beim Marathon, Mountain Biking, Inline Skating oder Radrennen eröffnen sie neue Wege zur automatischen Zeitmessung. Besonders rasch haben sich kontaktlose Chipkarten als Skipass durchgesetzt. Früher musste der Skifahrer bei jeder Liftfahrt, mit kalten Fingern ein vom Schnee aufgeweichtes Papierticket aus der Jacke holen. Heute kann er mit der Skikarte auch Bus fahren, das Parkhaus benutzen oder das Hotelzimmer öffnen. In vielen Bibliotheken dienen RFID-Tags der Bestandskontrolle und vereinfachen Entleihe und Rückgabe erheblich.

Nun werden auch Anwendungen im Gesundheitswesen erschlossen: In einem New Yorker Krankenhaus hat Siemens mehr als 200 Patienten mit Funk-Armbändern ausgestattet. Sie ermöglichen dadurch dem Arzt einen raschen Zugang zu ihrer Krankengeschichte und können schneller und zielgerichteter behandelt werden. Damit Risikopatienten auch außerhalb ihres Zimmers unter ärztlicher Aufsicht sind, entwickelt Siemens eine RFID-Uhr. Der Patient trägt dazu einen Sensor an der Brust, der die Herzwerte misst und an die Uhr übermittelt. Verschlechtert sich der Zustand des Patienten, etwa während eines Spazier-

gangs, funkt die Uhr dem Arzt Position und Herzwerte, sodass dieser schnell eingreifen kann. Während im Altersheim Pfleger darauf achten, ob die älteren Menschen regelmäßig trinken, ihre Tabletten einnehmen oder Zähne putzen, könnte im eigenen Heim ein Computer darüber wachen. Intel-Forscher präsentierten kürzlich ein RFID-basiertes System, das die Aktivitäten der Senioren überwacht und bei ungewöhnlichen Vorgängen Alarm schlägt. Dabei werden Teetassen, Zahnbürsten, Medikamentenschachteln, Stühle oder auch Toilettensitze mit Tags bestückt. Ein Lesegerät im Handschuh – später soll es ins Armband oder die Halskette verschwinden – registriert alle RFID-bestückten Gegenstände, die der Träger berührt, und sendet die Information an einen Rechner in der Wohnung, der analysiert, was der Mensch gerade tut.

»low-cost«-Elektronik für den Hersteller von Konsumprodukten

Das ist nur ein kleiner Streifzug durch die aktuellen Testanwendungen. Auch wenn sich nicht alle als umsetzbar erweisen werden, so ist doch eines sicher: Die Anzahl der Transponder, die in nächster Zeit benötigt werden, wird rasch über die Milliardengrenze steigen. Chipbasierte RFID-Lösungen werden bei allem Preisverfall nie so kostengünstig werden, dass sie für den Massenmarkt der Billigprodukte in Frage kommen, hat Karl-Heinz Bock berechnet. Es hängt nämlich gar nicht am Chip allein. Der macht derzeit nur 40 Prozent der Transponder-Kosten aus, je 30 Prozent fallen auf Antenne und das Packaging. Das bedeutet, dass an allen drei Schrauben gedreht werden muss.

Bei der Herstellung von Milliarden von Smart Labels wird schon zum Problem, den winzigen Chip auf den richtigen Platz an der Antenne zu justieren und mit Leiterbahnen zu verbinden. Das wird bei solchen Massen nur durch Self-Assembly gelöst werden können, ist sich Bock ganz sicher, der eine Reihe von Patenten angemeldet hat. Verkürzt dargestellt, justieren sich die Chips dabei selbst mithilfe eines Flüssigkeitstropfens, gleichzeitig stellen Makromoleküle eine Verbindung mit der Leiterbahn her, die anschließend nur verstärkt werden muss. Untersuchungen des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik ergaben, dass der Sprung zu einer wirklichen Billiglösung nur erreicht wird, wenn der Hersteller von Konsum-

Das »LogMotionLab« in Magdeburg bietet Industrie, Handel und Dienstleistern eine Vielzahl an RFID-Technologien und -systemen zum Testen.
© Fraunhofer IFF



produkten die »low-cost«-Elektronik selbst auf beliebige Produktoberflächen aufbringen kann. Voraussetzung ist, dass man Antenne und Chip gemeinsam mit der gleichen Technologie herstellen und auf Papier oder Folien drucken kann. Möglich machen kann das die Polymerelektronik, vom Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik, kurz Polytronic genannt. Das Potenzial ist beeindruckend. Mit den modernen Spezial-Polymeren lassen sich Displays und Batterien, aber auch Sensoren, Aktoren, optische Bauelemente und elektronische Schaltungen und sogar Solarzellen herstellen. »Vollständige Systemlösungen auf der Basis polymerer Materialien werden erst in einigen Jahren realisiert werden können«, gibt Dr. Bock zu

bedenken. Er forciert eine stufenweise Entwicklung über hybride Systeme, bei denen zunächst gedünnte Siliziumchips in die Polymersysteme mit eingebettet werden.

Die Polytronic ist keine Konkurrenz zur Siliziumtechnologie, sondern zielt allein auf den low-cost-Bereich, der für die Siliziumtechnologie heute und auch in Zukunft kaum erreichbar ist. Die geringen Leistungen, die bei Smart Labels benötigt werden, kann man auch mit Polytronic erreichen.

Die kostengünstigste Art der Herstellung ist die Rolle zu Rolle-Fertigung, wie sie aus der Drucktechnik bekannt ist. Das IZM hat in München eine Produktionslinie für polytronische Systeme aufgebaut. Dort werden die gedruckten Smart Labels zwar noch mit gedünnten Chips bestückt, aber erste elektronische Bauteile und einfache Logikschaltungen zeigen, dass rasche Fortschritte erzielt werden. Das Faszinierende an der Rolle-zu-Rolle-Fertigung ist, dass sich weitere Komponenten in die Folie einlaminieren lassen.

Die Tage des Barcode sind gezählt

Im europäischen Forschungsprojekt PolyApply (The Application of Polymer Electronics Towards Ambient Intelligence) arbeiten 20 europäische Partner aus Industrie und Forschung – mit an führender Stellung im Konsortium auch die Fraunhofer-Gesellschaft mit den Instituten IZM, IAP, IPMS und

ISC – daran, der Vision des elektronisch unterstützten Alltags näher zu kommen. Das von der Europäischen Kommission mit 12 Mio Euro geförderte Projekt will mit polymer-elektronischen Lösungen den Durchbruch zu kostengünstiger Herstellung elektronischer Labels schaffen. So soll beim Joghurt das elektronische Label direkt auf die Becher gedruckt werden. Und beim Obst soll das smarte Label Sensoren enthalten, die die Frische überwachen.

Radikaler wollen Unternehmen wie CrossID, Incode, Power Paper oder Tapemark die Kostenfrage lösen. Sie verwenden keine Chips mehr, sondern setzen auf magnetische, chemische oder optische Verfahren.

Ob und wann RFID zum Siegeszug als Massentechnologie ansetzt, hängt ganz entscheidend von den Erfolgen der Pilotprojekte ab, die derzeit laufen. Experten vermuten, dass es noch bis nach 2010 dauern wird, bis alle Waren mit Transpondern ausgestattet sind und jeder Mitbürger eine personalisierte multifunktionale Smart Card mit Transponder hat. Dann müssen die heute noch visionären Produktionsverfahren serienreif sein, damit die Hersteller die elektronischen Etiketten direkt auf die Verpackung drucken können – so einfach und kostengünstig wie heute den Barcode. Dann funkt auch die Milchtüte: Trink mich, sonst werde ich sauer!

Franz Miller

Pilzresistenter Weizen

Um Getreide vor Pilzbefall zu schützen, hilft bislang meist nur eines – das Spritzen von chemischen Pflanzenschutzmitteln. Fraunhofer-Forscher entwickeln eine Alternative: Mithilfe der Grünen Gentechnik werden Pflanzen resistent gegen Pilze.

Alle Getreidearten
und viele andere
Pflanzen können von
der Pilzgattung *Fusarium*
befallen werden.
© MEV

Vorsichtig nimmt der Bauer eine Ähre in die Hand und drückt mit den Fingern einige Körner heraus. In seiner gewölbten Handfläche sammeln sich kleine, verrunzelte Körner. Die Schmachtkörner bestätigen seine Befürchtung: Der Weizen ist mit dem Pilz *Fusarium* infiziert.

Dieser Pilz befällt vor allem Mais und Getreide wie Weizen, Hafer und Gerste. Die Ähren bleiben ohne Frucht oder bilden nur Schmachtkörner aus, die deutlich kleiner sind als die normalen Getreidekörner. Fusarien-Pilze mindern aber nicht nur den Ertrag, sondern auch die Qualität der Ernte. Das Getreide hat eine schlechtere Back-, Brau- und Saatgutqualität. Noch problematischer ist jedoch, dass einige Fusarien-Arten giftige Stoffwechselprodukte bilden. Mit diesen Mykotoxinen schützen die Pilze ihre Sporen bei der Keimung vor Mikroorganismen. Wird das befallene Getreide weiterverarbeitet, gelangen die Gifte auch in die Nahrung.

Einen Schutz vor Fusarien-Infektionen gibt es nicht. Die Landwirte versuchen das Risiko eines Pilzbefalls durch eine flexible Fruchtfolge, die Aussaat wenig anfälliger Sorten sowie den Einsatz von chemischen Fungiziden zu verringern. Bei starkem Befall – vor allem bei feucht-warmem Wetter – helfen diese Maßnahmen jedoch meist nicht. »Die Züchtung resistenter Sorten war bisher nicht möglich, da es keine natürlichen Gene gibt, die das Getreide vor dem Pilzbefall schützen«, erläutert Prof. Rainer Fischer, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie IME in Aachen die Problematik. Die Forscher setzten daher auf einen neuen Ansatz: Sie nutzen molekulargenetische Methoden, um pilzresistente Pflanzen zu erzeugen. Bei Bekämpfung von viralen Infektionen hat sich diese Vorgehensweise bereits bewährt. Forscher des IME haben zum Beispiel transgene Pflanzen – so heißen die gentechnisch veränderten Pflanzen im Fachjargon – hergestellt, die gegen den Tabak-Mosaik-Virus (TMV) immun sind. Nun wollen sie diese abgewandelte Methode auch zur Herstellung pilzresistenter Getreidesorten nutzen.

Ihre Strategie: Die Pflanzen werden so verändert, dass sie ein zusätzliches Protein herstellen. Dieses Protein besteht aus einem Antikörper zum Aufspüren der Pilze und einem Eiweiß-Fragment, das die Fusarien zerstört. »Die so gentechnisch veränderten Pflanzen sind gegen den Krankheitserreger

unempfindlich«, erläutert Dr. Dieter Peschen vom IME.

Erste Erfolge können die Fraunhofer-Forscher bereits vorweisen. Sie haben drei unterschiedliche Antikörper generiert. Nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip docken sie an die Zellwand, die Oberfläche des Pilz-Myzels beziehungsweise an Proteine auf der Zellwand der Fusarien an. Diese Antikörper wurden jeweils mit unterschiedlichen antifungalen Eiweiß-Fragmenten fusioniert. Diese Peptide töten den Pilz zum Beispiel ab, in dem sie die Zellwand abbauen. Die Antikörper sorgen dafür, dass das Fusionsprotein spezifisch an dem Schädling bindet. So werden nur Schädlinge und keine Nützlinge zerstört.

Erste Ergebnisse sollen Ende dieses Jahres vorliegen

Dass die Strategie tatsächlich funktioniert, haben die Forscher an der Pflanze Ackerschmalwand – lateinisch *Arabidopsis thaliana* – nachgewiesen. In das Erbgut des Kreuzblütlers wurden zusätzliche Gene für die Antikörper und die Pilz bekämpfenden Eiweiße integriert. Die Wissenschaftler konnten nachweisen, dass diese Gene abgelesen und Fusionsproteine produziert werden.

Doch binden diese Proteine auch an die Pilze? Um diese Frage zu beantworten, haben die IME-Forscher das Fusionsprotein mit dem Fluoreszenzmikroskop untersucht. Das Ergebnis: Die konstruierten Proteine docken spezifisch an die Pilzoberfläche an. Die Probe aufs Exempel waren die Resistenz-Tests. »In diesen Untersuchungen konnten wir zeigen, dass die transgenen Pflanzen tatsächlich nicht von dem Pilz befallen werden«, berichtet Fischer. Die Ergebnisse wurden in der Zeitschrift »Nature Biotechnology« (Bd. 22, S. 732) veröffentlicht.

Auf diesen Erfolg bauen die Forscher nun auf. »Wir haben die Gene für die Antikörper und die Eiweiß-Fragmente auch in das Erbgut von Weizen und Reis integriert«, erläutert Peschen. Dabei wurden die drei verschiedenen Antikörper jeweils mit unterschiedlichen Peptiden kombiniert. In Freilandversuchen in Indien wird derzeit getestet, ob auch diese Pflanzen gegen Befall mit Fusarien gefeit sind. Ziel der Untersuchungen ist es, herauszufinden, welche Kombination von Antikörper und Eiweiß-Fragment besonders widerstandsfähige

Pflanzen hervorbringt. Ende dieses Jahres sollen die ersten Ergebnisse vorliegen.

»Sobald wir wissen, welche Gene sich besonders gut zur Erzeugung der Pilz-Resistenz eignen, wollen wir diese gezielt in Getreide einbringen«, erläutert Peschen die weiteren Pläne der Forscher. Die neuen transgenen Pflanzen werden dann miteinander gekreuzt. So können Nachkommen entstehen, die mehrere Gene für die Pilzresistenz enthalten – eines von der Mutter und eines vom Vater. Über weitere Kreuzungen soll die Resistenz dann auch in andere Weizensorten eingebracht werden. »In den Vereinigten Staaten wird vor allem Sommer-Weizen angebaut. In Deutschland und Kanada säen die Landwirte hingegen Winter-Weizen aus. Unser Ziel ist, die unterschiedlichen Sorten vor Pilzbefall zu schützen«, skizziert Peschen die weiteren Pläne. Insbesondere für den US-amerikanischen und asiatischen Markt sind resistenter Weizen und Reis interessant. Denn dort kommt es immer wieder zu großen Ernteaussfällen wegen des Pilzbefalls.

Aber nicht nur Fraunhofer-Forscher arbeiten an pilzresistentem Getreide. Die Firma Syngenta hat zum Beispiel einen gentechnisch veränderten Weizen entwickelt, der sich ebenfalls selbst vor Pilzbefall schützt. Das Agrarunternehmen wollte den transgenen Weizen in diesem Jahr in Freilandversuchen testen. Doch Gegner zerstörten das Feld in der Nähe von Bernburg (Sachsen-Anhalt), auf dem das Getreide ausgesät wurde.

Das zeigt, wie umstritten die Grüne Gentechnik nach wie vor in Deutschland ist. Gegner befürchten, dass Merkmale wie die gentechnisch erzielte Pilzresistenz auch auf Wildpflanzen übergehen oder die Fusionsproteine beim Menschen Allergien auslösen können. Deshalb untersuchen unter anderem auch Forscher des IME in Schmallenberg, ob und welche Risiken von gentechnisch veränderten Pflanzen ausgehen.

Bis der pilzresistente Weizen tatsächlich bis zur Marktreife entwickelt ist, werden noch einige Jahre vergehen. Vielleicht liegen bis dahin auch schon mehr Erkenntnisse über Vorteile und Risiken der Grünen Gentechnik vor, die das Vertrauen der Verbraucher in diese innovative Technik verstärken. Solange werden viele Landwirte jedoch ihr Getreide durch den Einsatz von Chemie vor Pilzbefall schützen.

Birgit Niesing

Medizin aus der Pflanzenfabrik

Medikamente gegen HIV, Diabetes, Tuberkulose und Tollwut sollen demnächst auf dem Acker wachsen. Zwölf Millionen hat die EU dafür bereit gestellt. Forscherteams aus elf Ländern Europas – darunter Biologen, Mediziner und Pharmazeuten aus Wissenschaft und Industrie – entwickeln jetzt gemeinsam eine komplette Produktionskette: vom Moleküldesign bis zum klinischen Test.

Pflanzen sind ideale Pharmafabriken: billig, zuverlässig, einfach im Handling und frei von tierischen Krankheitserregern. Die Idee, Pflanzen als Produktionsstätten für medizinische Wirkstoffe einzusetzen, ist nicht neu. Tatsächlich gibt es weltweit mehrere Forschergruppen, die gezielt Proteine aus Pflanzen gewinnen. Doch der große Durchbruch ließ bisher auf sich warten. »Die Herausforderung ist die Komplexität des Produktionsprozesses: Es geht hier um weit mehr als eine simple Genmanipulation von Pflanzen«, weiß Dr. Stefan Schillberg vom Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME. »Bei der Gewinnung von Pharmazeutika aus Pflanzen müssen zahlreiche biologische, ökologische, medizinische, pharmakologische und auch regulatorische Aspekte berücksichtigt werden. Eine einzelne Forschergruppe ist damit überfordert.«

Jetzt hat sich ein internationales und interdisziplinäres Forscherteam zusammengefunden, das gute Erfolgchancen hat: Mit Unterstützung der EU wollen Biologen, Pharmazeuten und Mediziner gemeinsam einen integrierten Produktionsprozess erarbeiten und etablieren: Am Beispiel von molekularen Wirkstoffen gegen Diabetes, Tuberkulose, Tollwut und den Immunschwächeerreger HIV soll gezeigt werden, dass sich pharmazeutische Proteine in Pflanzen produzieren, ernten und isolieren lassen. Anschließend werden die Proteine in klinischen Studien getestet.

»Es ist das erste Mal, dass ein Projekt zum Molecular Farming in diesem Maßstab durchgeführt wird«, erklärt der Projekt-

beauftragte Prof. Paul Christou vom IME. Das Fraunhofer-Institut in Aachen ist verantwortlich für das Management des EU-Projekts »Pharma-Planta«. Die wissenschaftliche Koordination übernimmt das renommierte King's College in London. Insgesamt sind an dem Integrierten Projekt des 6. Forschungsrahmenprogramms, das die Zusammenarbeit zwischen herausragenden Forschungseinrichtungen und Anwendern bei der Entwicklung neuer Ideen und Produkte fördern soll, 39 Forschergruppen aus 11 Ländern Europas beteiligt. Sie alle sind Profis. »Wir können im Pharma-Planta-Projekt auf langjährige Erfahrungen zurückgreifen«, erklärt Schillberg: »Am IME beispielsweise haben wir mit Molecular Farming bereits verschiedene Proteine gewonnen, darunter einen Antikörper zur Schwangerschaftsdiagnostik, der zurzeit in vorklinischen Studien untersucht wird.« Antigene gegen Karies werden am englischen King's College von Pflanzen produziert – die Proteine sind bereits in der klinischen Testphase II.

Wissenschaftlicher Staffellauf zu neuen Wirkstoffen

Bei der Produktion von Wirkstoffen gegen HIV, Diabetes, Tuberkulose und Tollwut betreten die Forscher jetzt Neuland: Die Gene, die den genetischen Code für die Bildung von HIV-Antikörpern oder HIV- und Tollwut-Antigenen enthalten, sind zwar bekannt, doch diese wurden nie zuvor in Pflanzenzellen produziert. »Um die ganze Produktionskette vom Moleküldesign bis zum klinischen Test erfassen zu können, müssen Experten unterschiedlicher Diszipli-

nen eng zusammenarbeiten«, sagt Prof. Rainer Fischer, der als Leiter des IME für die Verwaltung des Projekts verantwortlich ist. »Die Entwicklungsarbeiten bauen aufeinander auf, und wir haben insgesamt nur fünf Jahre Zeit. Um unser Ziel zu erreichen, müssen wir eine Art wissenschaftlichen Staffellauf organisieren.«

Als Erstes gingen vor wenigen Wochen die Molekularbiologen an den Start, die Gene für die gewünschten Proteine isolieren und in Pflanzenzellen einschleusen. Die manipulierten Mais- und Tabakpflanzen werden derzeit in Gewächshäusern herangezogen. Nach der Ernte können Biochemiker am IME in Aachen die Proteine extrahieren und anreichern. Die Wirkung der gereinigten Proteine wird anschließend von Medizinern an verschiedenen Instituten und Kliniken umfassend analysiert. Derweil erstellen Ökologen und Biologen für die bevorstehenden Freilandversuche Risikoanalysen und klären alle relevanten Sicherheits- und Zulassungsfragen. Eine Auflage der EU ist es, dass ein Überspringen genetischer Informationen in die Umwelt ausgeschlossen sein muss. Erst wenn die entsprechenden Untersuchungen abgeschlossen sind, können die Pflanzen im





großen Maßstab angepflanzt werden. »Nur im Freiland lässt sich die kritische Menge Pflanzenmaterial gewinnen, die man für die Herstellung der Wirkstoffe braucht«, erklärt Schillberg. Der geeignetste Standort für den Anbau der Molecular-Farming-Pflanzen wird zurzeit noch bestimmt. Sobald die Tabakblätter und Maiskolben geerntet sind, werden Pharmazeuten und Biologen die gesuchten Proteine isolieren. Diese bekommen dann die Mediziner. In fünf Jahren sollen die ersten vorklinischen Studien abgeschlossen sein. »Weiter werden wir im Projekt Pharma-Planta leider nicht kommen«, erklärt Prof. Fischer. »Die Intention der EU ist es, die Zusammenarbeit zwischen den diversen Centers of Excellence zu fördern, das Interesse der pharmazeutischen Industrie zu wecken und die europäische Forschung im Bereich Molecular Farming weiter voranzubringen.«

Molecular Farming auf dem Prüfstand

Bevor pharmazeutische Wirkstoffe im großen Maßstab aus Pflanzen gewonnen werden können, müssen jedoch noch einige grundsätzliche Fragen geklärt werden: Welche Standards und Richtlinien sollen bei der

Handarbeit: Im Gewächshaus werden Tabakblüten bestäubt.
© Fraunhofer IME

Pflanzenproduktion gelten? Wie lassen sich die in Blättern und Samen produzierten Proteinmengen steigern? Mit welchen Verfahren kann die Ausbeute verbessert werden? Die Forscher wollen in den nächsten Jahren Antworten auf diese Fragen finden. Mit Abschluss des Projekts soll das Molecular Farming dann so weit entwickelt und etabliert sein, dass eine Protein-Produktion im großen Maßstab zumindest theoretisch möglich ist.

Bis die neuen Medikamente gegen HIV, Diabetes, Tuberkulose und Tollwut in den Apotheken zu haben sind, wird noch einige Zeit

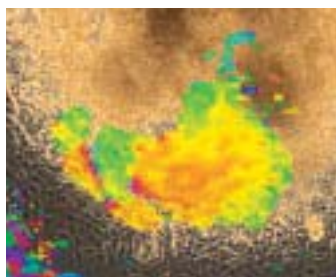
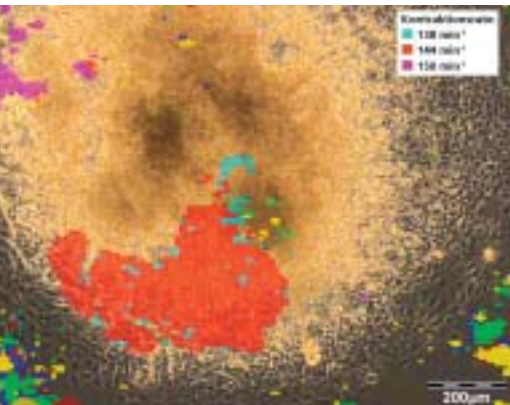
- Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME, Deutschland
- St. George's Hospital Medical School, Großbritannien
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Deutschland
- National University of Ireland, Maynooth, Irland
- John Innes Centre, Großbritannien
- Centre de cooperation internationale en recherche agronomique pour le developpement, Frankreich
- Oxford Brookes University, Großbritannien
- University of Warwick, Großbritannien
- Institute of Applied Microbiology, Österreich
- Polymun Scientific Immunbiologische Forschung GmbH, Österreich
- Universita di Verona, Italien
- Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente, Italien
- Diamyd Medical AB, Schweden
- Universite Blaise Pascal, Frankreich
- Institut National de Recherche Agronomique, Frankreich
- University of Cambridge, Großbritannien
- University of Glasgow, Großbritannien
- Universität Heidelberg, Deutschland
- Universite catholique de Louvain, Belgien
- Universität für Bodenkultur Wien, Österreich
- University of Leeds, Großbritannien
- Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italien
- Rothamsted Research, Großbritannien
- Universite de Neuchâtel, Schweiz
- Westfaelische Wilhelms-Universität Münster, Deutschland
- Trinity College Dublin, Irland
- Flanders Interuniversity Institute for Biotechnology VZW, Belgien
- Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben, Deutschland
- Agricultural University of Athens, Griechenland
- Centre for the Management of IP in Health R&D, Großbritannien
- CSIR, Südafrika
- Mosaic Systems BV, Niederlande

vergehen: Die verschiedenen klinischen Studien, die durchgeführt werden müssen, bevor ein Wirkstoff zugelassen wird, sind zeit- aufwändig und kostenintensiv. Die Forscher im EU-Projekt Pharma-Planta sind trotzdem zuversichtlich. »Unsere Entwicklungsarbeit endet mit den ersten vorklinischen Untersuchungen«, resümiert Fischer. »Damit können wir hoffentlich zeigen, dass Pflanzen für die Produktion kostengünstiger und sicherer pharmazeutischer Rohstoffe unter Einhaltung aller Sicherheits- und Umweltauflagen geeignet sind, und das ist unser primäres Ziel.«

Monika Weiner

Alternative zum Tierversuch

Tierversuche sind im Kosmetikbereich bereits verboten – in der Medikamentenentwicklung jedoch noch immer üblich. Doch die Anzahl der benötigten Tierversuche kann bald drastisch reduziert werden: Wissenschaftler haben ein Verfahren entwickelt, das einen Großteil der Tierversuche ersetzt und gleichzeitig Nebenwirkungen aufzeigt.



Aggregate aus Herzmuskelzellen. Sie können rhythmisch kontrahieren.
© Fraunhofer FIT

Sie seien überflüssig und leicht zu ersetzen, sagen die einen. Ohne sie ginge es nicht, sagen die anderen. Tierversuche sind ein heiß umstrittenes Thema. Klar ist jedoch: Es wäre schön, wenn man ihre Anzahl drastisch reduzieren könnte – und das bei gesteigerter Sicherheit. Denn trotz zahlreicher Tierversuche werden Nebenwirkungen von Medikamenten oft erst erkannt, wenn es bereits zu spät ist, wie im Fall Lipobay oder Contergan. In den USA sterben jährlich schätzungsweise 100 000 Menschen an Nebenwirkungen, in Frankreich sollen drei Prozent der Klinikeinweisungen darauf zurückgehen.

Mitarbeiter der Axiogenesis AG, einer Biotech-Firma im Bereich der angewandten Stammzellentechnologie, haben eine Alternative zu medizinischen Tierversuchen entwickelt: Sie züchten Herzmuskelzellen, die rhythmisch kontrahieren. Geben die Wissenschaftler herztoxische Substanzen zu, ändern sich Rhythmus und Stärke der Pulse. Diese Abweichungen lassen zuverlässig auf Wirkungen und Nebenwirkungen der jeweiligen Medikamente und Umweltgifte schließen. Die Grundlage der Methode bilden Mäusestammzellen. Ihre Besonderheit: Sie können sich unendlich oft teilen und zu jeder Zellart des menschlichen Körpers heranreifen – jedoch keinen kompletten Organismus bilden.

»Mit dem neuen Verfahren können wir Tierversuche im herztoxischen Bereich drastisch reduzieren«, freut sich Heribert Bohlen, Vorstandsvorsitzender der Axiogenesis AG. »Das ist nicht nur ethisch sinnvoll, sondern senkt auch die Kosten.« Bislang müssen zunächst verschiedene Analysen vorab durchgeführt werden, um auftretende Nebenwirkungen einschätzen zu können. Nur Nebenwirkungen, für die es einen begründeten Verdacht gibt, werden mit Tierversuchen untersucht. Werden beispielsweise für ein neues Medikament hundert unterschiedliche Substanzen überprüft, passiert dies bislang für alle hundert Stoffe am Tier – für die jeweils vermuteten Nebenwirkungen. Mit dem Stammzellentest dagegen kann die Toxizität schon anfangs genau unter die Lupe genommen werden. Schneiden

Substanzen hier schlecht ab, sind weitere Untersuchungen überflüssig. Der Zeitaufwand lässt sich so drastisch verringern – und damit die Kosten. Es können deutlich mehr Tests durchgeführt werden als bei teuren und ethisch bedenklichen Tierversuchen. Die Methode steigert die Sicherheit daher beträchtlich. Von den anfänglich hundert Wirkstoffen werden nur ein oder zwei, die die Toxizitätstests bestanden haben, vor der klinischen Anwendung zusätzlich am Tier getestet.

Untersuchungen an Stammzellen decken Nebenwirkungen auf

Die Untersuchungen an den Stammzellen decken nicht nur Nebenwirkungen bei Erwachsenen auf, sondern erkennen auch embryonale Fehlbildungen, die durch Medikamente hervorgerufen werden: Gibt man den Wirkstoff vor der Ausbildung der Herzmuskelfunktion zu den Zellen, entwickeln sie im Fall einer toxischen Substanz kein normales Schlagverhalten. Forscher der Axiogenesis AG haben diesen R.E.Tox® Test auch auf andere Organsysteme ausgeweitet. Bohlen resümiert: »Mit dem Test konnten wir selbst die schweren Embryo-Nebenwirkungen von Thalidomid nachweisen, besser bekannt unter dem Namen Contergan. Hier hat in den frühen 1960er-Jahren der Tierversuch versagt.«

Sollen sich solche Testreihen ihren festen Platz in der Industrie erobern, müssen sie schnell und standardisierbar sein. Daher arbeiten die Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Informationstechnik FIT an einem Chip, der mehrere Zellaggregate gleichzeitig analysiert. Effekte unterschiedlicher Substanzen oder Konzentrationen sollen sich so zügig und zuverlässig beleuchten lassen. Eine Kamera überwacht jede Position des Chips mit hoher Auflösung. Die komplexe Bildsoftware errechnet daraus Informationen über das Schlagverhalten – und erstmalig auch über die Schlagkraft. So werden kleinste morphologische und funktionelle Abweichungen sichtbar, die aus dem Reich der unerwünschten Nebenwirkungen plaudern.

Janine Drexler

Kontakte



SOBIC präsentiert auch unterschiedliche Sonnenschutzsysteme.

© Fraunhofer ISE

Rund um die Solarenergie

Wer Fragen zum Solaren Bauen hat – zu Baustoffen, energetischer und Tageslichtplanung, Sonnen- oder Wärmeschutz, passiver und solarer Kühlung – ist am Fraunhofer Solar Building Innovation Center SOBIC in Freiburg richtig. Das SOBIC unterstützt das schnellere Umsetzen der Forschungsergebnisse in die Praxis. Architekten, Planer, Bauunternehmer und Hersteller können das komplexe Know-how der Fraunhofer-Institute für Bauphysik IBP und für Solare Energiesysteme ISE unkompliziert nutzen. Interessenten finden im Demonstrationzentrum SOBIC marktreife Produkte und Technologien für energieeffiziente Gebäude mit verbessertem Nutzerkomfort. Seminare sichern Qualifizierung und Wissensvorsprung auf aktuellen Gebieten des energieeffizienten und solaroptimierten Bauens.

www.sobic.fraunhofer.de

Klein und flexibel

In kleinen Mengen wirtschaftlich produzieren und das möglichst flexibel – davon träumen viele Unternehmer. Kleine und mittelständische Biotech-Unternehmen sind da keine Ausnahme: Sie müssen neue Verfahren und Prozesse in eine industrielle Fertigung überführen, um höhere Stückzahlen bei besserer Qualität anbieten zu können. Dies ist nur durch Automatisierung möglich. Der hohe Entwicklungsaufwand für automatisierte Anlagen schreckt jedoch die meisten ab.

Das Projekt »MiniProd« macht Automatisierung auch bei variantenreichen Kleinserien rentabel: durch modulare, miniaturisierte Komponenten und standardisierte Schnittstellen. Eine eigens entwickelte Software erlaubt bereits in der Planungsphase einen Blick auf die neue Anlagenkonfiguration, bildet das reale System während des Betriebs zeitnah ab und ermöglicht die intuitive Steuerung der Anlage in einer virtuellen Umgebung. Während des BMBF-geförderten Verbundprojekts entstand am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA ein Miniprod-Modulbaukasten für Anlagen zur Montage von Laserdioden sowie zur Produktion von DNA-basierten Biochips unter lückenloser Qualitätskontrolle.

Ansprechpartner:
Dr. Tobias Gaugel
tobias.gaugel@ipa.fraunhofer.de

Dosiereinheit aus dem Miniprod-Modulbaukasten.

© Fraunhofer IPA



Ansprechpartnerin:

Christel Russ

info@sobic.fraunhofer.de

Farbabweichungen im Blick

Farbabweichungen in bunt gemusterten Polyesterstoffen oder Teppichen sind bei der Produktion von Heimtextilien oft schwer automatisch zu finden. Beispiel: ein blauer Teppich mit einzelnen, unregelmäßig verteilten gelben Punkten. Das Farbmesssystem soll Abweichungen der gelben Farbe erkennen. Herkömmliche Systeme erfassen größere Flächen, also viel von der blauen und wenig von der gelben Farbe. Es wäre mit diesem Verfahren möglich, aber zeitaufwändig, jeweils einen gelben Punkt anzufahren und dort zu messen.

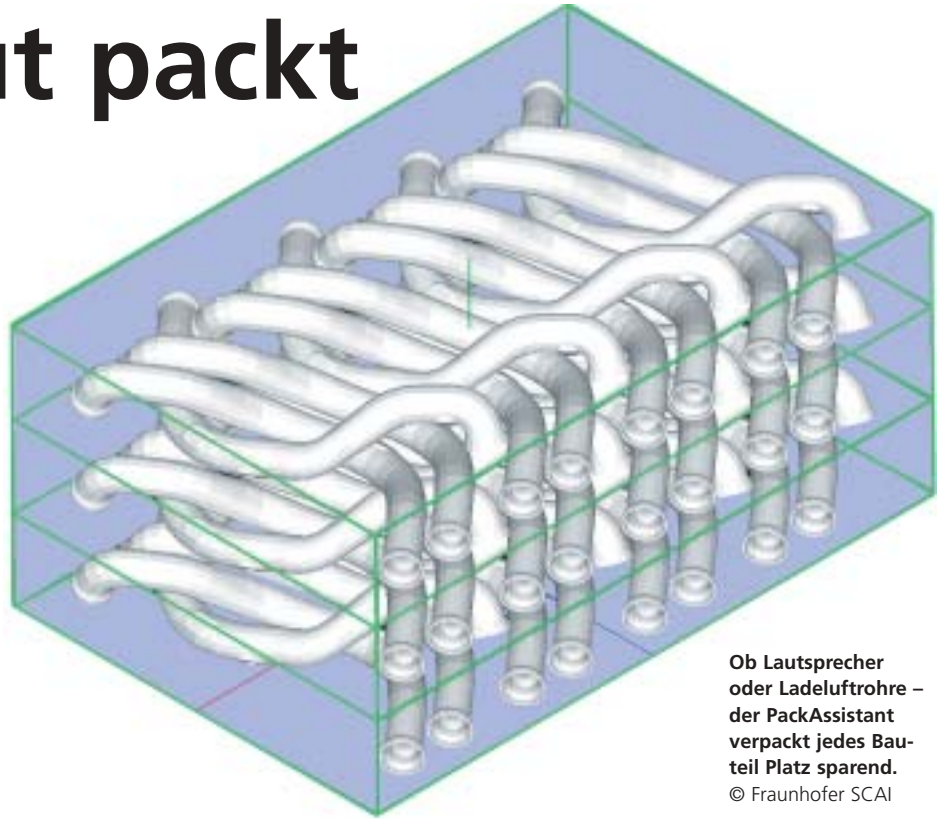
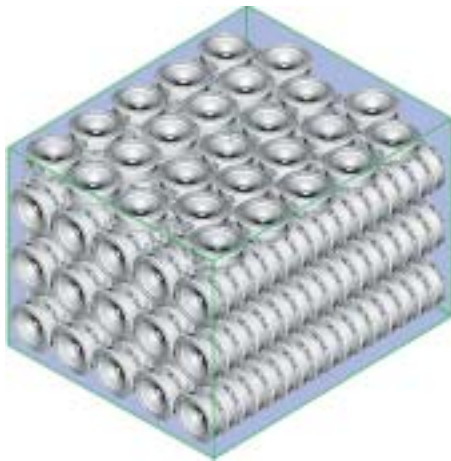
Wesentlich effizienter arbeitet ein spezielles Farbkamerasystem vom Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut, WKI, das nach dem Prinzip des Spectral Imaging funktioniert. Die Textilbahn läuft unter der Kamera durch. Das aufgenommene Bild wird in Zei-

len und in einige hundert Punkte zerlegt. Die einzelnen Punkte sind so klein, dass die meisten von ihnen einheitlich gefärbt sind. Nun wird für jeden einzelnen Punkt ein Spektrum aufgenommen, aus dem die Farbinformationen extrahiert werden können. Das funktioniert schnell genug, um mit der Produktionsgeschwindigkeit Schritt halten zu können.

Mittels statistischer Methoden kann diese Vielzahl von Spektren so aufbereitet werden, dass Abweichungen beider Farbtöne vom Sollwert in Echtzeit erkannt werden können. Weitere mögliche Anwendungsfelder liegen in der Herstellung dekorativer Holzwerkstoffplatten und Tapeten.

Ansprechpartner:
Jochen Aderhold
jochen.aderhold@wki.fraunhofer.de

Wer gut packt gewinnt



Ob Lautsprecher oder Ladeluftrohre – der PackAssistant verpackt jedes Bauteil Platz sparend.
© Fraunhofer SCAI

Packen will gut überlegt sein. Das weiß jeder Urlauber. Wahre Pack-Experten sind Lagerarbeiter. Doch selbst die besten Spezialisten sind dem Computer meist unterlegen, wenn es gilt, Bauteile so Platz sparend wie möglich in Kisten zu verstauen.

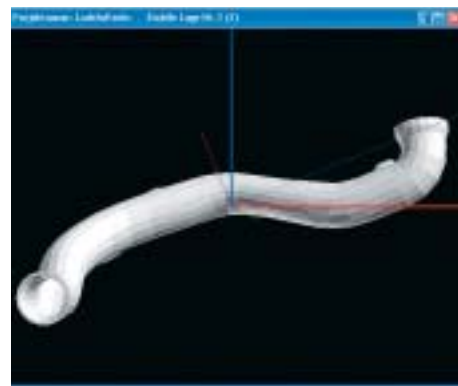
»**Ordnung** ist nur was für Leute, die zu faul zum Suchen sind« – entgegnen Schüler gerne, wenn die Eltern sie wieder zum Aufräumen mahnen. Ralf Heckmann, der Leiter der Abteilung Optimierung am Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI in Sankt Augustin bei Bonn, ist überhaupt nicht faul. In seinem Büro hat er das Problem, viele Dinge auf relativ kleinem Raum unterzubringen, daher kann es dort manchmal etwas chaotisch aussehen. Dabei beschäftigt er sich beruflich gerade mit dem möglichst optimalen Packen: Er berechnet, wie man Gegenstände so Platz sparend wie möglich in Containern aufbewahren kann. Denn Platz sparen heißt Geld sparen.

Seine Kunden sind Logistiker aus der Industrie, zum Beispiel von den Automobilher-

stellern Audi und BMW. Sie wollen wissen wie man die tausende von Einzelteilen, aus denen ein Auto besteht, möglichst geschickt verpacken kann. Die einzelnen Bauteile werden jeweils in einem Container – etwa einer Gitterbox – an das Produktionsband angeliefert. Ziel ist es, diesen Behälter optimal zu bepacken. Denn je mehr Stücke in einen Container passen, desto weniger Transportaufwand und Lagerplatz werden benötigt. »Dabei dürfen die Teile beim Transport nicht verrutschen oder beschädigt werden«, beschreibt Heckmann die Aufgabenstellung. Eine weitere wichtige Anforderung: Die Stücke müssen leicht auszupacken sein. Sie dürfen nicht untereinander verhaken oder verklemmen.

Bisher wird in vielen Unternehmen die beste Packung noch durch Versuch und Irrtum

Der PackAssistant errechnet selbstständig die beste Anordnung für baugleiche Teile.
© Fraunhofer SCAI



ermittelt: Die Arbeiter haben ihre Erfahrungen oder probieren so lange herum, bis in den Behälter möglichst viele Teile passen. Doch bei den vielen unterschiedlichen Formen der Bauteile reichen Intuition und Erfahrung allein nicht aus, um jeweils die optimale Packung zu bestimmen. Kugeln lassen sich noch leicht verstauen; etwas Rütteln genügt, und sie ordnen sich von selbst ziemlich regelmäßig und dicht an. Bei komplexen Geometrien ist es mit der autonomen Ordnungsliebe jedoch vorbei, solche Bauteile ordnen sich nicht von selbst. Münzen etwa liegen lieber wie Kraut und Rüben in der Kiste, als dass sie sich freiwillig zu akkuraten Stapeln aufbauen würden. Gar nicht zu reden von Lautsprecherkegeln, Ansaugkrümmern oder Zylinderdeckeln.

Hier greift nun der von Ralf Heckmann und seinem Team mit Kollegen des Unternehmens SOLVE-IT entwickelte Algorithmus ein: Der »PackAssistant«, wie ihn die Forscher genannt haben, errechnet selbstständig die beste Anordnung für baugleiche Teile. Man gibt ihm lediglich die Form der Objekte und die Containergröße ein, und schon nach wenigen Sekunden spuckt der PC eine bebilderte Verpackungsanleitung aus, die man dem Lagerarbeiter in die Hand drücken kann.

»Die Behälterauslastung übertrifft vielfach die von erfahrenen Planern erstellten Packungen«, so die Erfahrung von Ralf Heckmann. »In den besten Fällen konnten wir mit der vom PackAssistant ermittelten Lösung gegenüber der vorher praktizierten Packweise noch bis zu 30 Prozent Platzersparnis herausholen, für Firmen mit hohem Lagervolumen ist dies eine gigantische Verbesserung.« Da heutzutage Autos ausschließlich am Computer entworfen und

konstruiert werden, ist jedes Teil mit seiner Form und Größe in Datenbanken registriert. Gibt man diese Daten in den PackAssistant ein, ordnet er das virtuelle Bauteil so lange um, bis er es lagenweise sortiert hat, und zwar mit möglichst wenig Luft dazwischen. Über jede Lage kommt dann eine Schicht Pappe, darauf folgt die nächste. Die Anordnung innerhalb der einzelnen Lagen muss dabei nicht identisch sein, so können etwa Lagen von hochkant gestellten mit flach gelegten Teilen abwechseln. Sollen die Bauteile in vorgeformte Fächer gelegt werden, ermittelt die Software die Form der Fächer, welche die höchste Packdichte ermöglicht. Dabei wählt sie aus den Vorgaben Rechteck, Trapez und reguläres Hexagon aus, kann aber auch eigene Vorschläge machen.

Für die Unternehmen hat dieser elektronische Assistent einen riesigen Vorteil: Da man die Software bereits dann einsetzen kann, wenn das Auto erst im Entstehen ist, lassen sich schon im Vorfeld Transport und Lagerung optimal planen. Regelrechte Verpackungsplaner erledigen diese Arbeiten im Allgemeinen in enger Zusammenarbeit mit den Zulieferfirmen. Noch bevor die ersten realen Blechteile anrollen, sind dann die genau geeigneten Behälter bestellt und vorbereitet und die Packpläne fertig.

Die Kunst ist, Rechenzeit zu reduzieren

Mathematisch gesehen ist das Problem nicht trivial: Natürlich könnte man den Rechner in mühseliger Kleinarbeit einfach alle Möglichkeiten durchprobieren lassen, aber das würde sehr lange dauern. »Das Grundproblem ist nicht neu, man nennt es das Rucksackproblem: Wie befülle ich einen Rucksack vorgegebener Kapazität möglichst

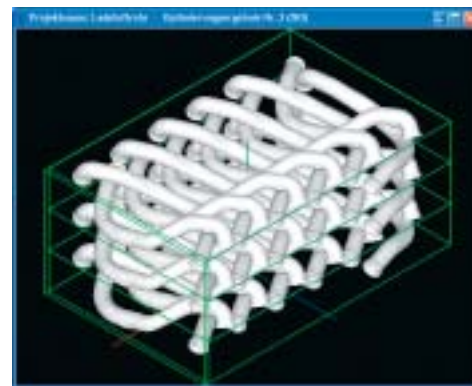
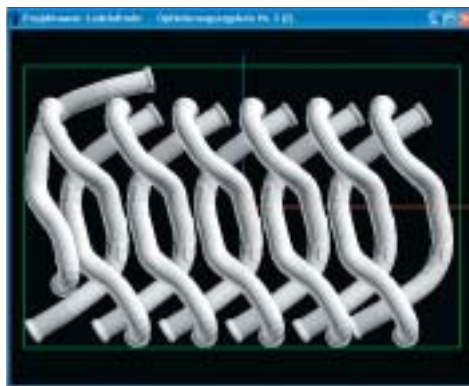
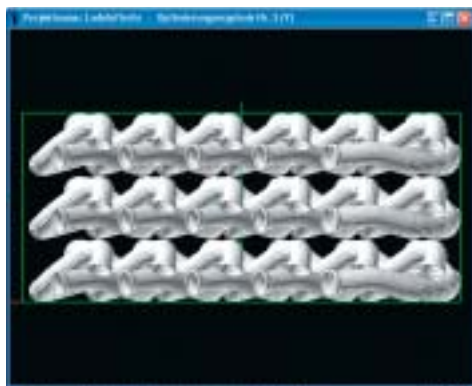
optimal mit bestimmten Gegenständen?«, erläutert Ralf Heckmann. »Die Kunst besteht darin, auf raffinierte Art und Weise Rechenzeit zu sparen.« Aus diesem Grund konzentrieren sich die Forscher zunächst noch auf die lagenweise Befüllung. »Denn in der Industrie verpackt man in der Regelschichtweise«, erklärt der Informatiker Stefan Rank. »Doch selbst dann sind die Optimierungsrechnungen noch komplex genug.« In einer weiteren Ausbaustufe soll der PackAssistant später auch dreidimensionale Packmuster vorgeben können, die nicht mehr schichtweise geordnet sind.

Das Programm ist leicht zu bedienen

Großen Wert haben die Fraunhofer-Forscher auf intuitiv bedienbare Benutzeroberflächen und Ausgabemedien gelegt. Der PackAssistant zeigt alle Ein- und Ausgaben in einer übersichtlichen Baumstruktur. Die Ergebnisse lassen sich interaktiv am Bildschirm darstellen. Die errechneten Verpackungsanweisungen exportiert die Software im Word-Format. Sie werden stets ergänzt durch anschauliche Graphiken, die den beauftragten Arbeitskräften eine einfache Umsetzung der dargestellten Packungen erlauben.

Mit dem PackAssistant lassen sich aber nicht nur Lautsprecherkegel, Ansaugkrümmer oder Zylinderdeckel Platz sparend verpacken. Da Heckmann und seine Mitarbeiter immer darauf bedacht sind, ihre Vorgehensweise plastisch darzustellen, haben sie zu Demonstrationszwecken sogar berechnet und dargestellt, wie man Kühe oder Nikoläuse möglichst optimal in Container stapeln kann.

Brigitte Röthlein



Leichter planen mit ConTrain



© a-location

Bahnfahrer wollen vor allem eines: pünktlich ans Ziel kommen. Um das zu gewährleisten, bedarf es ausgeklügelter Fahrpläne. Das System ConTrain hilft beim Erstellen von korrekten und robusten Fahrplänen.

Egal ob man mit dem ICE von Fulda nach Hamburg zu einer Besprechung unterwegs ist, mit der Regionalbahn von Dachau nach München zur Arbeit fährt oder im Nachtzug an die Ostseeküste reist – Bahnkunden wollen vor allem eines: pünktlich ans Ziel kommen. Keine leichte Aufgabe für die Planer: Denn täglich sind etwa 37 000 Regionalbahnen, IC, ICE, Nacht- und Güterzüge auf mehr als 65 000 Gleiskilometern unterwegs. Das deutsche Eisenbahnnetz gehört zu den größten der Welt. Hierfür korrekte und robuste Fahrpläne zu erstellen, ist eine große Herausforderung.

Bevor die erstellten Fahrpläne umgesetzt werden, müssen sie erst einige Tests bestehen. »In Simulationen wird geprüft, ob die Pläne den hohen Anforderungen genügen und die Fahrgäste tatsächlich wie gewünscht ans Ziel gelangen«, erläutert Dirk Matzke vom Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik FIRST in Berlin. Die Simulationswerkzeuge müssen folgendes leisten: Sie sollen Fehler wie etwa Überschneidung oder Doppelbelegungen selbstständig beseitigen und Alternativen aufzeigen, ohne die Simulation abubrechen. Das Simulationsverfahren ConTrain löst die auftretenden Probleme automatisch mit einer Konfliktvermeidungsstrategie durch die zum Beispiel Fahrtgeschwindigkeit oder die Fahrtszeit verändert wird, um das Problem zu lösen. In einem vom Bundesforschungsministerium geförderten Projekt haben Fraunhofer-Forscher die Basis für ein neues System zur Trassenplanung, Fahrplan- und Betriebssimulation sowie zur Bewertung der Fahrplanqualität untersucht. Das System arbeitet auf der Basis der Con-

straint-Technologie. Constraint ist das englische Wort für Beschränkung, Randbedingung. Die Idee der Forscher: Konflikte a priori vermeiden, indem feststehende Bedingungen in das System eingespeist werden. So kann zum Beispiel vorgegeben werden, dass ein ICE immer Vorrang vor anderen Zügen hat oder um wieviel Minuten die Haltezeit in einem Bahnhof verändert werden darf. Innerhalb dieser exakt definierten Rahmen bietet das System bei Problemen dann Lösungen an. Um zum Beispiel eine doppelte Gleisbelegung zu vermeiden, kann es die Fahrtgeschwindigkeit, die Haltezeit der Züge oder auch das verwendete Gleis variieren. Bei herkömmlichen Algorithmen kann erst am Ende der Berechnung überprüft werden, ob die Ergebnisse auch mit den festgelegten Randbedingungen übereinstimmen. ConTrain berücksichtigt dagegen die Vorgaben bereits bei der Berechnung. So wird der Suchraum stark eingeschränkt. »Das ermöglicht eine effektive Überprüfung und eine schnelle Optimierung der Fahrpläne«, erläutert Matzke die Vorzüge des Verfahrens. Davon profitieren die Planer aber nicht nur beim Erstellen des Fahrplans. Mit ConTrain können auch Entlastungszüge für Großveranstaltungen wie zum Beispiel große Messen oder Umleitungen bei Unfällen schnell und zuverlässig geplant werden.

Alle Infrastrukturdaten sind auf den Meter genau erfasst

Eine weitere Besonderheit des Systems: In ConTrain wird die Eisenbahntopologie mit Spurplangenaugigkeit modelliert. Alle Daten der Infrastruktur wie Streckenlänge, Positio-



Das System ConTrain hilft bei der Erstellung robuster Fahrpläne. Die Fahrgäste kommen sicher und pünktlich ans Ziel.

© f1 online



nen der Weichen und Signale sowie Geschwindigkeitsbeschränkungen sind auf den Meter genau erfasst. Die Komplexität des betrachteten Schienennetzes ist eins zu eins im Rechner abgebildet. »So ist es möglich, die Fahr- und Trassenbelegungszeiten exakt zu berechnen. Auf dieser Grundlage kann ein konfliktfreier Fahrplan erstellt werden«, betont der Fraunhofer-Forscher.

Technische Herzstücke des Systems sind die Deadlockvermeidung und eine Störungssimulation. »Damit können komplexe Eisenbahnnetze mit einer hohen Performance simuliert werden, ohne Abstriche bei der Qualität oder Sicherheit zu machen«, erklärt Matzke.

Obwohl die Forscher erst einen Prototypen des Planungs- und Simulationssystems erstellt haben, interessieren sich bereits einige Firmen für ConTrain. Es können bereits jetzt mit ConTrain sichere und zuverlässige Fahrpläne erstellt werden. »Um daraus ein Produkt zu machen, das von der Prognose bis zur operativen Disposition bei der Betriebsdurchführung ein einheitliches System darstellt, ist jedoch noch einige Entwicklungsarbeit notwendig«, weiß Matzke.

Birgit Niesing

2. Quality Testing International



Essen · 12. - 17. September 2005

Auf Ihrer Spezialmesse im Rahmen der 16. Weltmesse SCHWEISSEN & SCHNEIDEN erschließen sich Ihnen neue, weltweite Kundenkontakte auf den Gebieten Messtechnik, Werkstoffprüfung und Qualitätssicherung.

Im Rahmen der globalen Besucherwerbung bietet die Leitmesse SCHWEISSEN & SCHNEIDEN der QTI eine herausragende Kommunikationsplattform. Laut messeunabhängiger Besucherbefragung interessierten sich über 30% der 70.000 Besucher der SCHWEISSEN & SCHNEIDEN 2001 für die Quality Testing International.

In Essen haben Sie die Gelegenheit, sich und Ihr Angebot einem Weltforum zu präsentieren.

MESSE ESSEN GmbH
Postfach 10 01 65 · D-45001 Essen
Fon +49 (0) 201.7244-232 · Fax +49 (0) 201.7244-448
hansen@messe-essen.de · www.messe-essen.de

Ideelle Träger:



DVS
GERMAN
WELDING SOCIETY

**MESSE
ESSEN**
Place of Events

Zuverlässige Software fürs Auto

Elektronik und Software machen Fahrzeuge sicher und komfortabel. Die steigende Anzahl von Funktionen und dazugehörigen Steuergeräten führt jedoch zu steigender Komplexität im Gesamtsystem. Das macht Fehler und Aussetzer wahrscheinlicher. Mit der modellbasierten Methode zur Software-Entwicklung bieten die Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Software und Systemtechnik ISST in Berlin einen Ausweg aus der Software-Krise im Auto.

Autosar – Automotive Open System Architecture

Automobilhersteller und Elektronikfirmen haben sich zusammengeschlossen, um einen gemeinsamen Standard für eingebettete Software-Systeme im Auto zu entwickeln. Ziele sind: die Komplexität der Technik zuverlässig zu beherrschen, Funktionsmodule verschiedener Hersteller zu integrieren, Systeme über den kompletten Lebenszyklus einfach zu warten und zu aktualisieren, Steuergeräte von der Stange einsetzen zu können.

Im Mai 2003 wurde der Projektplan aufgestellt. Bis 2006 soll die Testphase abgeschlossen und der Standard eingeführt sein. Automobilelektronik wird auf der einen Seite austauschbar, auf der anderen Seite ist es möglich, sie so weit zu individualisieren, dass der Wettbewerb erhalten bleibt.

Das ISST ist im Autosar-Konsortium – als einziges Forschungsinstitut – im Auftrag der BMW Group vertreten und arbeitet dort mit an der Entwicklung der Beschreibungsstandards für Softwarekomponenten, Steuergeräte und Systeme.

Die Core Partner sind: BMW Group, Robert Bosch GmbH, Continental, DaimlerChrysler AG, Ford Motor Company, PSA Peugeot Citroën, SiemensVDO Automotive, Toyota, Volkswagen AG

Weitere 27 Firmen – Automobilhersteller und Zulieferer – gehören zu den Premium und Associate Partnern.



autosar.org

Rollender Rechner, Computer auf Rädern – geläufige Namen für des Deutschen liebstes Steckenpferd: das Auto. So schön die neue Autowelt ist, ein Stigma haftet ihr an: Aussetzer in der Elektronik. Geschichten über unerklärliche Pannen und ergebnislose Fehlersuche mit dem Diagnosecomputer kennt mittlerweile fast jeder. Woran liegt es, dass die Innovation im Automobil derzeit mit Skepsis betrachtet wird? »Bahnbrechende Neuheiten bei den mechanischen Teilen sind nicht zu erwarten. Die Innovation liegt zu 90 Prozent bei Elektronik und Software. Sie erhöhen Komfort und Sicherheit der Fahrzeuge. Doch mehr Funktionen bedeuten auch mehr Komplexität für das System«, erklärt Dr.-Ing. Alexander Borusan, Leiter des Berliner Teils des Fraunhofer-Instituts für Software- und Systemtechnik ISST in Berlin.

Motor, Getriebe, Bremsen – viele Funktionen werden heute per Elektronik gesteuert. In einem Mittelklassewagen arbeiten etwa 30 bis 50 Steuergeräte, um die einzelnen Funktionen zu erbringen; in Fahrzeugen der Oberklasse sind es sogar bis zu 80. Das heißt 80 einzelne eingebettete Systeme müssen im Gesamtsystem koordiniert und harmonisiert werden. Eingebettete Systeme – embedded systems – arbeiten heute in fast allen technischen Anlagen und Produkten. Sie sind meist in ein größeres Gesamtsystem integriert und steuern zum Beispiel das Anti-Blockiersystem oder den Airbag eines Autos. Die Kombination von elektromechanischem Gerät sowie Soft- und Hardware macht das möglich. Großer Vorteil der embedded systems: Sie sind klein und ihre Komponenten sind optimal aufeinander abgestimmt. Ihr Nachteil: Je mehr davon im Gesamtsystem wirken, desto schwieriger ist die störungsfreie Kommunikation der Funk-

tionen. »Man muss sich das wie ein babylonisches Sprachengewirr vorstellen«, so Borusan weiter. »Denn die einzelnen Systeme kommen von unterschiedlichen Herstellern, die unterschiedliche Codes und Schnittstellen verwenden. Der Regensensor spricht anders als die Sensoren und Aktoren der Motorsteuerung. Kein Problem, solange die Funktionen nicht ineinander übergreifen. Aber immer häufiger werden Daten eines Sensors an mehrere Funktionen weitergegeben.« So wird der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug per Sensor ermittelt. Ist er zu gering, wird das an die Motorsteuerung weiter gegeben und auch an die Bremse. Ist er so gering, dass ein Aufprall zu erwarten ist, gehen die Informationen an Airbag und Gurte und setzen sie in Alarmbereitschaft. Die Kommunikation muss in Bruchteilen von Sekunden sicher ablaufen, Leben und Gesundheit des Fahrers und seiner Mitfahrer stehen auf dem Spiel.

Software muss Teil der Produktentwicklung sein

Um Qualität und Sicherheit bei eingebetteten Systemen insbesondere im Automobil zu erzielen, reichen die klassischen Software-Entwicklungstechniken und -prozesse nicht aus. Software muss als integraler Bestandteil des Produkts und der Produktentwicklung angesehen werden. Die Automobilhersteller haben hier dazugelernt. Ein gemeinsamer offener Standard für System-Architekturen ist im Entstehen – Autosar (siehe Kasten). Der Standard soll Schnittstellen beschreiben und offenlegen. Die Hersteller müssen ihre Entwicklungen an Autosar anpassen, bestimmte Schritte im Entwicklungsprozess erklären. Konkret heißt das: Die Eigenschaften von Steuergeräten und Schnittstellen der Software müssen im

Format beschrieben werden, das vom Standard vorgegeben ist. Zudem müssen Steuergeräte so gebaut werden, dass sich Autosar-Software darauf einspielen lässt. An der Entwicklung von Autosar ist auch das ISST beteiligt. Hier wird die Sprache definiert, in der Schnittstellen zu beschreiben sind.

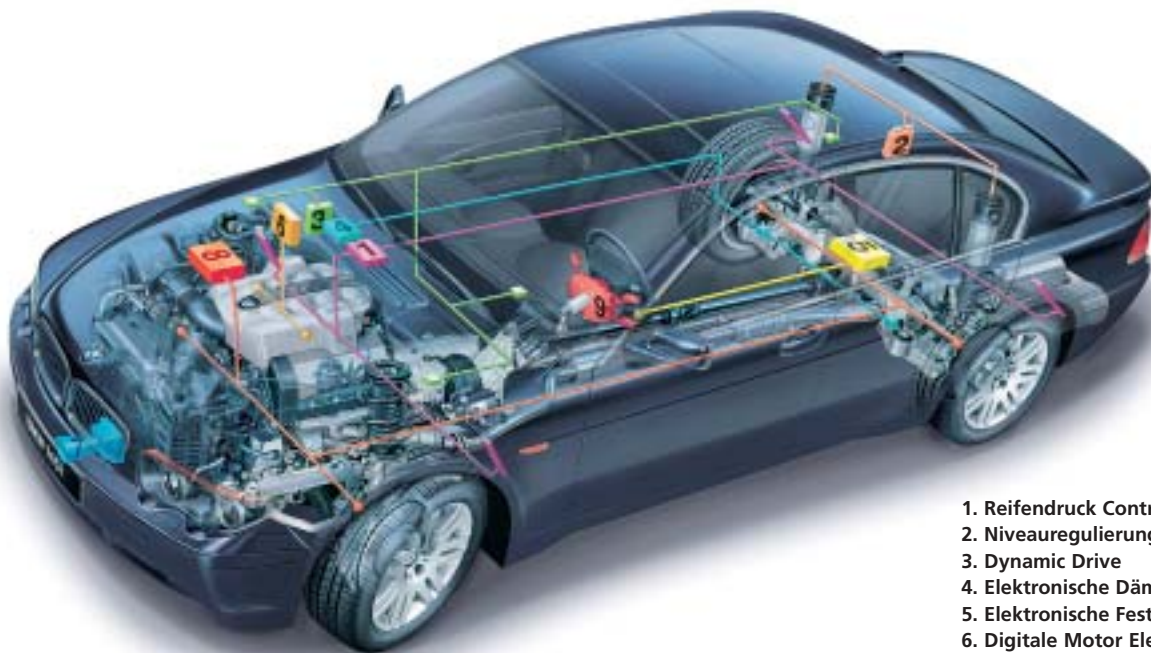
Ziel aller Aktivitäten ist, die Komplexität des Systems zu reduzieren oder sie zu beherrschen. DaimlerChrysler beispielsweise hat in den letzten Jahren über 600 Funktionen aus dem Auto herausgenommen. Kein Kunde hat das Fehlen schmerzlich beklagt, denn die meisten dieser Funktionen waren unbekannt und ungenutzt. Am ISST arbeiten die Entwickler an einer anderen Strategie: Sie haben ein Konzept erstellt, das hilft, das Softwaresystem im Auto besser zu bauen. Denn mit ihrer modellbasierten Methode (siehe Interview S. 26ff), können

bevor die Komponenten im Auto eingebaut sind. »Mit dem modellbasierten Ansatz kommen die Automobilhersteller schneller, leichter, zuverlässiger und kostengünstiger zur Software für das komplexe System Auto.« Die bekannten Modellierungsmethoden für Informationssysteme und kaufmännische Anwendungen konnten im Automobilbereich nicht angewendet werden. Sie berücksichtigen weder das technische Umfeld im Automobilbau noch die enorme Varianz in den Systemen, die aufgrund der Massenfertigung entstehen. Das gelingt mit den maßgeschneiderten Methoden aus dem ISST. Die Ergebnisse werden demnächst in die Serienfertigung bei BMW einfließen.

Seit den 90er-Jahren haben die Experten vom ISST Erfahrung mit der Automobilindustrie und ihr Vorgehen deren Bedürfnis-

sie in den Ablauf des gesamten Systems passen. Im Gesamtsystem gibt es zum Beispiel, wie in einem Telefonnetz, nur begrenzte Kommunikationsmöglichkeiten. Funktionen wie Airbagsteuerung und Einklemmschutz am Fenster müssen aber in Sekundenbruchteilen reagieren. Da darf niemand lange auf eine freie Leitung warten müssen.

Die modellbasierte Methode macht auch die kontinuierliche Softwareentwicklung leichter, da sich einfach testen lässt, welche Komponenten und wie viel der Software für neue Fahrzeugreihen verwendet werden können. Den Aufwand für die Software-Entwicklung gering zu halten, ist auch Ziel des Fraunhofer-Instituts für Experimentelles Software-Engineering IESE in Kaiserslautern. Von dort kommt MARMOT- Method for Component-Based Real-Time Object-Orien-



1. Reifendruck Control (RDC)
2. Niveauregulierung mit Luftfederung
3. Dynamic Drive
4. Elektronische Dämpfer Control (EDC)
5. Elektronische Feststellbremse
6. Digitale Motor Elektronik (DME)
7. Active Cruise Control (ACC)
8. Dynamische Stabilitäts Control (DSC)
9. Schaltzentrum Lenkrad

© BMW AG

sie schon im Vorfeld Funktionen analysieren – bis hin zur Integration der einzelnen Softwarekomponenten im Gesamtsystem Auto. Die Modelle stellen die eingebetteten Systeme einzeln und im Zusammenspiel dar. Das gewährleistet Sicherheit für jedes einzelne Teil und Sicherheit im ganzen System. »Wir modellieren verschiedene mögliche Entwürfe für die Einzelsysteme. Per Computer können wir alle Möglichkeiten kombinieren und prüfen«, so Dr. Borusan vom ISST. Fehler tauchen auf, wenn einzelne Komponenten nicht zusammenpassen. Über das Modell ist das schnell herauszufinden, lange

sen angepasst. »Wir gehen direkt zum Hersteller und betrachten dort die einzelnen Schritte im Produktentstehungsprozess. Wir sehen, wie viele komplexe Einzelsysteme zu einem noch komplizierteren Ganzen zusammengefügt werden«, beschreibt Rainer Mackenthun, Leiter der Abteilung »Verlässliche Technische Systeme« am ISST. »Dann erstellen wir das Modell nach diesen Vorgaben. Es bildet die möglichen Komponenten und Kombinationen ab – Software wird so entwickelt wie das gesamte Produkt, über virtuelle Modelle. Im Rechner können wir die Funktionen prüfen und optimieren, bis

ted Development and Testing. Mit dieser komponentenbasierten Lösung lassen sich Software-Bausteine kostengünstig mit Standard-Hardware verbinden.

Die neuen Methoden helfen der Automobilindustrie Software und Elektronik sicher im Griff zu haben – auch bei steigender Komplexität. Auf elektronische Extras muss auch in Zukunft niemand verzichten.

Beate Koch

Software-Entwicklung mit Perspektivenwechsel

Interview mit Prof. Dr. Herbert Weber, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Software- und Systemtechnik ISST in Berlin

Software steuert vieles in unserem Alltag, Paradebeispiel Auto. Wie vertragen sich lange Lebenszyklen von Produkten mit der Kurzlebigkeit von Chips?

Das hängt von der Art des Chips ab. Reden wir über Prozessoren oder sprechen wir von Aktoren oder Sensoren? Das Austauschen eines einfachen Temperatursensors beispielsweise ist eine harmlose Prozedur. Das alte Produkt wird einfach durch ein neues ersetzt. Bei Prozessoren ist der Austausch schwieriger und hängt davon ab, was der Prozessor alles steuert. Wichtig ist, dass die neue Komponente in die vorhandene Betriebsumgebung passt. Generell lässt sich sagen: Software sorgt für längere Lebenszyklen, denn sie macht flexible Anpassung für ein Produkt möglich.

Das heißt also, im Auto werden Updates der Software eingespielt wie beim Computer? Genau. Das IT-System im Automobil kann man sich wie einen lebenden Organismus vorstellen. Es gibt Zellen, die einfach absterben und nicht ersetzt werden. Dann gibt es Zellen, die nachwachsen müssen, das heißt etwas Veraltetes muss weg und durch Neues ersetzt werden. Das geschieht an unterschiedlichen Stellen des Organismus. Manchmal kommt auch etwas ganz Neues hinzu. Wichtig an diesem Bild: Es gibt keinen Endzustand, der über einen gesamten Lebenszyklus stabil bleibt. Auch das Auto verändert sich. Mit jeder Wartung wird die Software aktualisiert. Das ist ganz normal, aber wird vom Fahrer meist nicht bemerkt. Aber so lassen sich die Lebenszyklen komfortabel angleichen.

Funktioniert das auch bei langlebigen Gütern oder Anlagen wie Kernkraftwerken? Ja das funktioniert im Prinzip genau so. Alles andere würde zu viel Zeit und Geld kosten. Man arbeitet sehr punktuell, nur die Stelle, die verändert werden muss, wird aus dem Betrieb genommen, aktualisiert und wieder in den aktiven Teil eingespielt. Software, die einmal geschrieben für immer unverändert im Produkt bleibt, hat Seltenheitswert. Denn viele Produkte erneuern sich, ohne komplett ersetzt werden zu müssen, wie zum Beispiel auch das Flugzeug.

Geschichten über versagende Diagnose-Computer und Rätselraten in der Werkstatt häufen sich.

Woran liegt es, das Fehler oft schwer zu identifizieren sind? Die Ursache liegt in der strukturellen und dynamischen Komplexität des Systems. Es gibt unzählige Wechselwirkungen, wie eben in einem lebenden Organismus. Die Herausforderung ist, das Zusammenspiel von alten, neuen und zusätzlichen Komponenten zu kennen. Um das herauszufinden, ist ein enormer Aufwand im Vorfeld, aber auch Anpassung, nötig.

Gibt es dafür eine Lösung? Ja. Unsere Lösung ist, sich von der herkömmlichen Vorgehens- und Betrachtungsweise beim Programmieren zu lösen. Derzeit ist es meist so, dass Software von Programmierern gemacht, bewertet und geprüft wird. Wichtig ist aber, dass jemand auf das Programm schauen kann, der eine andere Sicht hat, der mit einer anderen Vorqualifikation an die Sache herangeht. Derjenige blickt nicht durch die Programmierbrille, sondern wechselt die Perspektive und betrachtet das Programm durch die Entwerfer- oder Modelliererbrille. Auf diese Weise arbeiten wir am ISST: Wir entwickeln Software primär mit der Modelliererbrille. Der Vorteil unserer Methode ist, dass wir unterschiedliche Perspektiven des gleichen Produkts betrachten und so Defizite entdecken, die wir als »betriebsblinde« Programmierer nicht gesehen hätten. Die unterschiedliche Sicht auf ein und dasselbe Ding bietet Chancen, Unstimmigkeiten herauszufinden.

Wie funktioniert die Methode des ISST? Wir tun so, als wäre ein Programm für uns gar nicht nötig und entwickeln ein Modell beispielsweise dafür, welche Funktion ein Sensor im System hat, welche Daten er ermittelt und welche weiteren Komponenten oder Teilsysteme die Informationen benötigen und weiterverarbeiten. Dieses fertige Modell wird dann in ein Software-





Prof. Dr. Herbert Weber
© Bildschön

Programm umgesetzt. Bis zu einem gewissen Grad geht das automatisch. Der Rest, dessen Umfang von der Detaillierung des Modells abhängt, muss von Hand programmiert werden. Dann prüfen wir mit maschineller Unterstützung, ob Modell und Programm übereinstimmen.

Was ist der Vorteil bei diesem Vorgehen? Wir können viele Kombinationen durchspielen; überprüfen, was passiert, wenn an einer Stelle etwas abstirbt, um in diesem Bild zu bleiben und an anderer Stelle im Programm etwas entsteht. Wir stoßen eine bestimmte Aktivität an und verfolgen, was passiert, welche Teilsysteme und weitere Aktivitäten betroffen sind. So überprüfen wir die Modelle, sehen, ob es funktioniert. Über die Modellierung kann die Sicherheit der Software ein gutes Stück hochgetrieben werden.

Wie lange dauert das Durchspielen der Kombinationen? Das kommt darauf an, wie das Modell gebaut und wie komplex es ist. Es gibt Modelle, die in Hochleistungscomputern mehrere Tage laufen. Generell gehen wir so vor, dass wir die Anzahl der Optionen begrenzen, aber gleichzeitig sicher sein können, dass wir alle wichtigen Optionen geprüft haben.

Oft ist zu lesen, dass ein häufiger Grund für Rückrufaktionen der deutschen Automobilhersteller das Versagen der Elektronik ist. Ist die Software schuld? Vorab eine Klarstellung: Gemessen am immens gestiegenen Einsatz von Elektronik im Auto ist die Zahl der Rückrufaktionen hier nicht angestiegen, sondern im Gegenteil zurückgegangen. Etwa 35 bis 40 Prozent der Wertschöpfung im Automobil wird heute durch Elektronik einschließlich Software erzielt. Anfang der 80er-Jahre lag dieser Anteil bei ungefähr 12 Prozent; vor mehr als zwanzig Jahren bei Null. Aber es stimmt natürlich, dass die komplexen Systeme schwerer zu beherrschen sind, was zu möglichen Fehlern und damit zu Rückrufen führen kann.

Was ist der Grund? Mitte der 80er-Jahre galt die Maxime 8 Bit – 8 Dollar. Also mehr als 8 Dollar durfte das ganze Elektroniksystem nicht kosten und die Software durfte nur wenig Speicher benötigen. Heute stecken für ein paar tausend Dollar Elektronik und Software in jedem Fahrzeug. Trotzdem werden die Programme heute so geschrieben wie früher. Wir brauchen aber sehr viel mehr Systematik in der Software-Entwicklung. Wie



bei anderen Ingenieurwissenschaften auch, muss eine Konstruktion, beziehungsweise das Modell, schon im Vorfeld per Simulation und Berechnungen geprüft werden. Wir müssen in Zukunft mehr Aufwand vor dem eigentlichen Programmieren in die Software stecken.

Woher kommt der Eindruck, dass das Auto so anfällig ist? Zum einen ist in vielen alltäglichen Produkten Software längst nicht so komplex und fällt deshalb seltener aus. Zum anderen ist es eine Sache der Wahrnehmung. Warum hat man den Eindruck, dass Software in Flugzeugen zum Beispiel viel sicherer läuft? Eine Antwort: Es gibt sehr viel weniger Airbuspiloten als Autofahrer. Außerdem haben Flugzeuge ein ausgeprägtes Sicherheitssystem: Double-Check vor dem Start durch die Piloten; jedes Flugzeug hängt in den Flugpausen an Diagnosegeräten und wird kontinuierlich überwacht. Der Flugbetrieb selbst wird genau beobachtet. Vergleichen Sie die Instrumententafel im Flugzeug mit der eines Autos! Und es gibt zahlreiche Rückfallsysteme, falls die Elektronik ausfällt.

Wie kann man gewährleisten, dass Software sicher ist? Sicherheit entwickelt man in diese Systeme hinein. Denn man kann mit dem Sicherheitsdenken nicht erst anfangen, wenn das Programm fertig ist. Allerdings ist das in der Softwareentwicklung lange Zeit so gemacht worden: Ein Programm wurde geschrieben und erst dann wurde getestet, ob es das leistet, was es soll. Bei modellorientierten Ansätzen gehen wir viel stärker in die Vorleistung. Wir beginnen mit dem Thema Sicherheit schon im Modell. Wenn das Modell sicher ist, lässt sich das kontrollieren und so die Sicherheit der Software im Betrieb erhöhen.

Kann sich Software auch selbst überprüfen? Ja, das ist möglich. In das originäre Programm wird ein Prüfprogramm eingeschoben. Auf diese Weise kann sogar vorausschauend geprüft werden. Innerhalb von Millisekunden erfolgt eine Simulation, die prüft, ob das, was im nächsten Moment abläuft, das gewünschte Ergebnis bringt. Fehler lassen sich damit stark reduzieren. Die Idealvorstellung heißt Null-Defekt-Software.

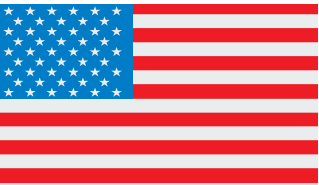
Gibt es das? Wir wollen die Null-Defekt-Software und müssen sehen, dass wir so nah wie möglich dorthin kommen. Sonst dürften wir schnell fahrende Autos nicht produzieren. Wir am ISST sehen im continuous software engineering eine Lösung. Also eine Software-Entwicklung, die sich kontinuierlich über die gesamte Lebenszeit erstreckt und schon davor mit den Modellen beginnt.

Im Automobil sind eingebettete Systeme weit verbreitet. Wo sehen Sie zukünftige Märkte? Einen kommenden Markt sehe ich in der Hausvernetzung. Hier starten wir langsam mit der Entwicklung, die es im Automobil schon seit zehn bis fünfzehn Jahren gibt. Der Wunsch oder Bedarf Funktionen zusammen zu schalten und zentral zu steuern wird steigen, denn die Anforderungen an die eigenen vier Wände wachsen. Manche Bewohner legen Wert auf Energie- und Kosteneinsparung, andere achten mehr auf Multimedia-Einsatz, ältere und behinderte Menschen wiederum haben hohe Ansprüche an HomeCare. Komfort und Sicherheit wünschen sich fast alle, für das Auto ebenso wie fürs Haus.

Das Gespräch führte Beate Koch.

International

Pflanzen gegen Viren



Ob Milzbrand, SARS oder Vogelgrippe – Viren sorgen immer wieder für Schlagzeilen. Die Krankheitserreger können innerhalb kürzester Zeit Epidemien auslösen: Sie dringen in die Zellen ein, vermehren sich und zerstören das Gewebe. Die Ausbreitung der Viren ließe sich durch rechtzeitige Schutzimpfungen verhindern. Doch das Erbgut von Viren verändert sich schnell und so ist die Entwicklung eines Impfstoffs ein Rennen gegen die Zeit. Bisher gibt es kaum Möglichkeiten, maßgeschneiderte Impfstoffe schnell und in großen Mengen zu produzieren.

Eine neue Form der Impfstoffgewinnung, das »Molecular Farming«, wird jetzt in den USA erprobt: »Unsere Pflanzentechnologie wird die Produktionszeit auf drei bis vier Monate verkürzen, die Kosten reduzieren,

effektivere und sichere Impfstoffe produzieren, die als Kapseln oder Nasenspray verabreicht werden können«, sagt Carolyn Fritz, Direktorin für Global Business bei der amerikanischen Dow Chemical Company. Das National Institute für Health bewilligte dem Unternehmen unlängst ein Forschungsbudget von fünf Millionen Dollar für die Entwicklung der pflanzenbasierten Impfstoffe.

Das Know-how für das »Molekular Farming« stammt aus dem Fraunhofer Center for Molecular Biotechnology, CMB, mit dem die Forscher der Dow Chemical Company eng zusammenarbeiten. »Diese pflanzenbasierten Impfstoffe lassen sich im großen Maßstab kostengünstig herstellen«, erklärt Direktor Barry Marrs. »Impfstoffe, die von Pflanzen produziert werden, sind außerdem sicher, da sie nicht durch tierische Krankheitserreger kontaminiert sein können.« Noch sind die Forschungsarbeiten nicht abgeschlossen, klinische Tests sind aber schon in Planung.

Außenposten in Wien

Europa wächst zusammen. Immer mehr Unternehmen aus Mitteleuropa eröffnen Filialen oder Produktionsstätten im Osten. Ungarn und die Slowakei beispielsweise sind attraktive Standorte für die Automobilindustrie und ihre Zulieferfirmen. Eine neue Fraunhofer-Projektgruppe in Wien wird Unternehmen, die sich in Osteuropa engagieren wollen, künftig unterstützen. »Unser Fokus liegt auf den Bereichen Fabrikplanung, Logistik, Supply Chain Management und Produktionsmanagement«, sagt Dr. Wilfried Sihm, stellvertretender Institutsleiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA und Leiter der Projektgruppe.

Bei seiner künftigen Arbeit will Sihm, der bereits als Professor an die TU-Wien berufen wurde, zusammen mit seinen österreichischen Kollegen den osteuropäischen Markt erschließen: »Unser Ziel ist es, in enger Kooperation mit anderen Instituten das Leistungsspektrum der Fraunhofer-Gesellschaft auch in Österreich und Osteuropa anzubieten.« Der IPA-Forscher arbeitet dabei eng zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, mit dem Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK sowie mit dem Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU.

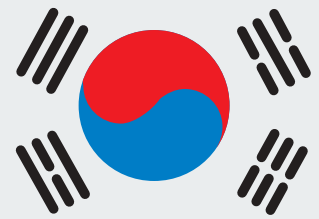


Zukunftstechnologien für Vietnam

In Vietnam herrscht Aufbruchstimmung. Noch sind die tragenden Säulen der Ökonomie traditionelle Wirtschaftszweige wie Textilverarbeitung und Landwirtschaft. Doch in den nächsten Jahren wird sich einiges ändern: »An die Stelle der staatlich gelenkten, »push-gerichteten« Forschung soll eine »pull-gerichtete« treten, die sich stärker an den Bedürfnissen der Industrie orientiert«, erklärt Holger Kohl vom Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK, der ein Projekt zur Evaluierung der Forschungslandschaft Vietnams leitet. »Das Ziel ist es, zunächst einmal den Status quo

festzustellen, dann werden wir innovative Strategien für die weitere Entwicklung entwerfen und untersuchen, wie sich die Chancen Vietnams auf dem Weltmarkt verbessern lassen.«

Gezielte Forschung soll helfen, die Produktivität und Effektivität der bestehenden Industrieunternehmen zu steigern – beispielsweise durch eine Optimierung von Aquakulturen, die zur Shrimpszucht verwendet werden. Gleichzeitig werden Forschungsstrategien in Vietnam künftig vermehrt in Zukunftstechnologien – darunter Life Sciences, Materialforschung und Produktion – investieren.



Fraunhofer in Korea

In der Digital Media City im koreanischen Seoul entsteht ein neues, internationales Forschungszentrum: Am »Korean German Institute of Technology« werden 15 deutsche Hochschulen sowie die Fraunhofer-Gesellschaft beteiligt sein. »Es ist das erste Mal, dass ein solcher Forschungskomplex mit deutscher Beteiligung im Ausland aufgebaut wird«, sagt Dr. Dieter Fuchs, Leiter Europäisches und International Business Development der Fraunhofer-Gesellschaft. »Der Schwerpunkt wird auf Spitzentechnologien wie IT-Bio- und Nano-Technologien gelegt werden, die Korea jetzt nachhaltig fördert.«

»Vielfalt in Serie«

Ist die Produktion am Standort Deutschland noch zu retten? Was werden wir in Zukunft produzieren und wie werden wir es produzieren? Antworten auf diese Fragen gaben das Symposium »Intelligenter Produzieren« und der Workshop »Manufacturing 2004«: Die Trends gehen hin zum individualisierten Massenprodukt und zum digitalen Produzieren in weltweiten Netzwerken.

Stehen wir in Deutschland vor einer weiteren Welle der De-Industrialisierung? Wie ist die Verlagerung der Produktion in Niedriglohnländer zu stoppen? Was sollen wir überhaupt noch am Standort Deutschland produzieren? Die Verengung der Standortdebatte auf diese Fragen lässt den Verdacht aufkommen, dass sich viele Unternehmen bereits vom Produktionsstandort Deutschland verabschiedet haben.

Deshalb ist die Produktionstechnik gefordert wie nie zuvor. Auf dem Symposium »Intelligenter Produzieren« versuchten der Bundesverband der Deutschen Industrie BDI, der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau VDMA und die Fraunhofer-Gesellschaft gemeinsam auszuloten, welche Zukunft die Produktion am Standort Deutschland hat. »Die produzierende Industrie ist immer noch der wichtigste Sektor der deutschen Volkswirtschaft«, betonte BDI-Präsident Michael Rogowski in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und belegte dies mit aktuellen Zahlen: 8,2 Millionen Menschen – das sind 21 Prozent der Erwerbstätigen – erzeugen 482 Milliarden Euro oder 24,4 Prozent der Wertschöpfung in Deutschland.

Manfred Wittenstein, Vorsitzender des VDMA-Ausschusses Forschung und Innovation, erinnerte in Berlin daran, dass der Maschinenbau immerhin 4 Prozent des Umsatzes in Forschung und Entwicklung investiere. Das sei erheblich mehr als andere Branchen, die im Durchschnitt nicht einmal die geforderten 2 Prozent erreichen. Insgesamt habe sich der Maschinenbau erholt und könne mit einem leichten Wachstum rechnen. Der Auftragseingang ist im April diesen Jahres um 19 Prozent im Vergleich zum Vorjahr gestiegen. Allerdings steht der Standort Deutschland wieder verstärkt in der Diskussion. Während in den letzten Jahren standortbedingte Produk-

tionsverlagerungen rückläufig waren, gewinnen – mit der EU-Erweiterung – die Arbeitskosten neue Bedeutung. Insbesondere die hohen Personalnebenkosten, die mangelnde Flexibilität am Arbeitsmarkt, die Höhe der Tariflöhne sowie Steuern und Gebühren seien für Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus Anlass, mit Teilen ihrer Produktion ins Ausland abzuwandern.

»Für viele deutsche Unternehmen stellt sich anscheinend nur noch die Frage, ob sie in Tschechien, Ungarn oder gleich in der Ukraine produzieren sollen«, warf Prof. Hans-Jörg Bullinger, der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, in die Debatte. Kapital und Arbeit fließen immer dahin, wo die Bedingungen am besten sind. »Seit Jahren beliefern wir die ganze Welt mit unseren Anlagen und Maschinen. Da dürfen wir uns doch nicht wundern, wenn die damit auch produzieren.« Aus dem Dilemma, dass andere Länder aufholen, komme man nur heraus, wenn man sich stets von Neuem einen Vorsprung verschaffe. »Wenn wir dasselbe herstellen wie unsere Freunde in Osteuropa, Asien oder Südamerika, wie sollten wir dann die Differenz an Lebensstandard begründen«, mahnte Bullinger: »Deshalb müssen wir uns fragen: Sind unsere Produkte so einzigartig, dass die Kunden bereit sind, einen höheren Preis zu bezahlen?«

Inzwischen erkennen immer mehr Unternehmen, dass Innovation der Schlüssel zur Wettbewerbsfähigkeit ist: In einer aktuellen Umfrage, die Bullinger zitierte, nannten die Unternehmen als wichtigsten Hebel zur Wachstumssteigerung die Verbesserung der Innovationsfähigkeit, erst an zweiter Stelle folgt die Kostensenkung. Offensichtlich hat bei den Managern ein Umdenken stattgefunden – weg vom reinen Kosten sparen hin zu einer langfristigen Innovationsstrategie. »Mit Rationalisierung erreichen wir nur das Morgen, das Übermorgen erreichen wir

durch Innovation«, kritisierte Bullinger das kurzfristige Denken. Auch Wittenstein mahnte: »Wir müssen die Prioritäten zur Innovation verschieben.«

In weltweiten Umfragen schneidet Deutschland deutlich besser ab als in der rein deutschen Sichtweise. So reihten internationale Industrie-Manager den Standort Deutschland an dritter Stelle ein, hinter China und den USA, aber vor Großbritannien, Polen, Indien, Tschechien, Frankreich, Russland, Ungarn und Japan. »Eine wichtige Voraussetzung ist der im Ausland bewunderte Stand der Forschung auf dem Gebiet der Produktionstechnik«, erklärte Prof. Bullinger. »Im Maschinen- und Anlagenbau, der Fertigungstechnik, der Automatisierung und Logistik haben wir eine weltweite Spitzenstellung errungen. Mit der Entwicklung hin zur Integrativen Produktion in weltweiten Netzwerken können wir den Prozess von der Entwicklung bis zum fertigen Produkt erheblich beschleunigen.« Angetrieben wird diese Effizienzrevolution von den modernen Informations- und Kommunikationstechniken. Unter dem Motto »Digital produzieren – vernetzt arbeiten« wird die informationstechnische Vernetzung aller am Produktionsprozess Beteiligten angestrebt.

Wichtige Impulse für die Produktionstechnik liefert beispielsweise die Bildverarbeitung. Das maschinelle Sehen eröffnet neue Möglichkeiten der automatischen Qualitätssicherung und -prüfung. Integriert in die Fertigung wird sogar eine Hundertprozentprüfung realisierbar. Die Bildverarbeitung gilt im Werkzeugmaschinenbau als die Technik mit der größten Wachstumsdynamik. Schon jetzt setzt jedes zweite Unter-

Innovation ist der Schlüssel zur Wettbewerbsfähigkeit.
© photodisc



nehmen mit mehr als 500 Beschäftigten diese Technologie ein; der Anteil kleiner und mittlerer Unternehmen wächst stetig.

Auch der Siegeszug der Lasertechnik setzt sich unverändert fort. Zwar werden immer noch die meisten Laser fürs Schneiden, Schweißen oder Beschriften eingesetzt, doch werden rasch weitere Anwendungen erschlossen: Vom Kunststoffschweißen bis zum Polieren, vom Regenerieren bis zum Rapid Prototyping und Rapid Tooling reicht das Einsatzspektrum. Laut Prof. Reinhard Poprawe vom Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT sind die Potenziale der Lasertechnik noch lange nicht ausgeschöpft.

Flexibilität ist in der Automatisierung das oberste Ziel. Prof. Rolf-Dieter Schraft vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA beschrieb neue Wege der Zusammenarbeit von Mensch und Roboter. Bisher waren in der Fabrik – aus Sicherheitsgründen – Mensch und Roboter strikt voneinander getrennt. In Zukunft soll der Roboter den Menschen unterstützen und Handlangerdienste übernehmen, beim Tragen schwerer Lasten helfen oder vorgezeigte Tätigkeiten nachahmen.

Kernfrage auf dem Symposium blieb: Wie kann die Innovationskraft des Mittelstands gestärkt werden? Prof. Engelbert Westkämper vom IPA und Wittenstein vom VDMA forderten eine höhere Bewilligungsquote in Forschungsprogrammen sowie schnelle und einfache Antragsverfahren, sonst verliere der Mittelstand die Lust, sich überhaupt zu bewerben. Vor allem aber fehle ihm die Infrastruktur für Forschungsk Kooperation. Prof. Jürgen Gausemeier vom Heinz-Nixdorf-Institut wurde noch deutlicher: »Der Mittelstand muss seine ausgeprägte Kooperations-Phobie überwinden.«

Wittenstein träumt sogar von einer gemeinsamen Strategie der Maschinenbauer: »Wir brauchen Roadmaps, die zeigen, wo wir hinwollen«. Nur wenn viele Mittelständler in die gleiche Richtung gehen, sei die kritische Masse zu erreichen, um im Weltmaßstab Akzente zu setzen. Als Vision nannte er das »schmierfreie Getriebe«.

Zu solchen Vorschlägen von Produktinnovationen kommen die Produkt begleitenden Dienstleistungen hinzu, die einen immer größeren Anteil an der Wertschöpfung einnehmen. Die Frage künftiger Produktion fokussiert sich immer stärker auf die Wandlungsfähigkeit der Unternehmen, betonte

Engelbert Westkämper. Das Agieren in weltweiten Märkten verlange von den Unternehmen als wichtigste Eigenschaft, auch in fernen Märkten präsent zu sein und unmittelbar liefern zu können. Das ist nur möglich mit einer höchst flexiblen und anpassungsfähigen Produktion in weltweiten Netzwerken. »Künftiges Leitbild der Produktionstechnik wird sein, Vielfalt in Serie zu produzieren«, fasste Prof. Raimund Klinker von der Gildemeister AG die Ergebnisse der verschiedenen Workshops zusammen.

Wenige Wochen später veranstaltete der Fraunhofer-Verbund Produktion – gemeinsam mit der Europäischen Kommission und dem BMBF – in Dortmund den Workshop MANUFUTURE 2004. Ziel des Arbeitstreffens war es, eine langfristige Vision für die europäische Industrie zu entwickeln, wie sie ihre Fertigungsbasis modernisieren und die Verbindung zur Forschung verbessern kann. Der Fraunhofer-Verbund Produktion hat vier Themenfelder identifiziert, die derzeit die Entwicklung prägen: Das »Adaptive Produzieren« überwindet die bisherigen Begrenzungen der Fertigungsprozesse, mit dem Ziel, extrem flexible Produktionssysteme zu entwickeln. Das »Digitale Produzieren« umfasst eine Fülle von Planungs-, Simulations- und Kommunikationswerkzeugen und bildet die gesamte Prozesskette durchgehend in einer digitalen Repräsentation ab. Das »Produzieren in Netzwerken« ist ein Megatrend der Industrie, mit dem neue dynamische und kooperative Produktions- und Wertschöpfungsnetzwerke entstehen. Das »wissensbasierte Produzieren« will das Wissen – von den einzelnen Komponenten bis zum gesamten Fertigungssystem – im und zwischen den Unternehmen für alle an der Produktion beteiligten verfügbar machen. Diese Ergebnisse werden nun in das siebte Rahmenprogramm der EU eingearbeitet.

Einig sind sich alle Experten der Produktionstechnik, dass wir uns in Deutschland keinen Einbruch in der Qualität leisten sollten. Made in Germany war erfolgreich als Markenzeichen für technische Spitzenleistung und hohe Qualität. Wenn es gelingt, innovative Produkte zu entwickeln und die Wertschöpfung in Deutschland zu steigern, dann hilft das auch, Beschäftigung zu sichern. »Ich mache mir weniger Sorgen um die Unternehmen, mehr um die Arbeitsplätze in Deutschland«, sagte Bullinger: »Wir müssen den Standort Deutschland so attraktiv machen, dass die eigenen Unternehmen bleiben und fremde zu uns kommen.«

Franz Miller

Vom schnellen Prototypen zum schnellen Produkt

Rapid Prototyping macht's möglich: Innerhalb weniger Stunden lassen sich heute Werkzeuge, Bauteile, einzigartig geformte Bleche und sogar voll funktionstüchtige Implantate herstellen. Auf der Euromold präsentieren Fraunhofer-Forscher die neuesten Entwicklungen



Inkrementelles
Umformen mit
Industrierobotern.
© Fraunhofer IPA



Brrrrr... Das Geräusch erinnert an eine Nähmaschine. Doch im Labor des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA wird nicht genäht, sondern geformt: Ein Roboter klopft mit atemberaubender Geschwindigkeit auf ein Blech. Das hochfrequente Hämmern verändert die physikalischen Eigenschaften des Werkstoffs: hartes Metall erscheint unter dem Stößel des Roboters weich und geschmeidig. »Inkrementelles Umformen« nennen die Ingenieure dieses schrittweise Formen eines Blechs. »Wir haben diese Methode am IPA entwickelt und patentiert«, erklärt Projektleiter Timo Schäfer. »Mit dem neuen Verfahren können wir selbst Einzelstücke mit kompliziert geformter Oberfläche schnell und kostengünstig herstellen. Es eignet sich für die Herstellung von Prototypen und Kleinserien, wie sie in der Automobil- oder Luft- und Raumfahrt-industrie, aber auch in der Medizintechnik gefragt sind.«

Verglichen mit traditionellen Technologien wie dem Tiefziehen hat das inkrementelle Umformen eine ganze Reihe Vorteile: Man braucht außer dem klopfenden Roboter keine besonderen Werkzeuge – Gegenfor-

men beispielsweise sind nicht notwendig und auch das teure Tiefziehpressen entfällt. Die Produktion ist daher auch bei Kleinserien und Unikaten rentabel. Außerdem lassen sich mit dem neuen Verfahren beliebig komplexe Geometrien herstellen – alles, was man hierfür braucht, sind die CAD-Daten, die den Roboter steuern. Am IPA haben die Forscher bereits Bleche aus Kupfer, Aluminium und Messing den Kundenwünschen entsprechend geformt.

»Techniken wie das inkrementelle Umformen werden sich in Zukunft immer mehr durchsetzen«, davon ist Dr. Rudolf Meyer überzeugt. »Der Trend zu komplexeren Geometrien, abnehmenden Losgrößen und individuellen Produktansprüchen lässt die Grenze zwischen Prototypenentwicklung und Produktion verschwimmen. Im Technik-Jargon ausgedrückt verlassen wir damit das klassische Rapid Prototyping und bewegen uns hin zum Rapid Manufacturing.« Der Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF und Sprecher der Fraunhofer-Allianz Rapid Prototyping, in der zwölf Fraunhofer-Institute eng zusammenarbeiten, verfolgt seit Jahren die technische Entwicklung: »Die Zeiten, in denen man die Rapid Prototyping-Technologie ausschließlich dafür nutzte, Anschauungsmodelle aus Kunststoff zu produzieren, sind lange vorbei. Heute können neben zahlreichen Kunststoffen auch Marmor- und Metallpulver, Bleche und Papier verarbeitet werden.«

Rapid Prototyping ist mittlerweile ein weites Feld. Es gibt viele unterschiedliche Technologien: Da ist die schon klassische Stereolithographie, mit der sich Werkstücke schichtweise aus flüssigem Kunststoff aufbauen lassen – die einzelnen Lagen härten unter UV-Licht aus. Das zunehmend preiswertere 3-D-Printing erlaubt die Verarbeitung von Kunststoff- und Metallpulver. Im Prinzip funktioniert diese Technik wie ein Tintenstrahldrucker: Das staubförmige Baumaterial wird in Lagen aufgebracht und an den gewünschten Stellen durch einen Klebstoff, der aus feinen Düsen spritzt, verbunden. Beim Lasersintern nutzt man Laserenergie, um metallische und nichtmetallische Pulver zu verschmelzen. Eine weitere – am Fraunhofer-Institut für Werkzeug- und Strahltechnik IWS entwickelte – Methode erlaubt die Herstellung von Spritzguss- und Umformwerkzeugen aus Blechlagen, die miteinander verbunden werden. Zunehmend eingesetzt werden auch Rapid Manufacturing-Technologien, wie das in-

krementelle Umformen von Blechen, mit dem sich extrem schnell fertige Bauteile herstellen lassen.

Mit der Vielzahl der Technologien ist auch die Zahl der möglichen Anwendungen gestiegen: »Anspruchsvolles Rapid Prototyping erlaubt die Herstellung voll funktionsfähiger Werkstücke, deren physikalische

alte Automodelle, die die Hersteller nicht mehr auf Lager haben, sind eine von vielen denkbaren Anwendungen: Hier könnte Manufacturing on Demand die Lagerhaltungskosten dramatisch senken, ohne den Kundenservice zu beeinträchtigen. Die Medizintechnik profitiert bereits von den neuen Herstellungsverfahren. »Wo es um den Menschen geht, sind individuelle Lö-



Schnittansicht eines konturnahen Kühlsystems.

© Fraunhofer IWS

Eigenschaften denen der späteren Serienprodukte entsprechen. Die Werkstücke werden beispielsweise in der Automobilindustrie in Prototypen und Vorserienfahrzeugen eingesetzt«, so Meyer.

Eine Technik für alles, was es nicht von der Stange gibt

Von der Vorserie bis zur Kleinserie ist es nur noch ein winziger Schritt. Rapid-Techniken werden immer häufiger auch für die Produktion genutzt. »Derzeit geht die Entwicklung zu immer kürzeren Produktlebenszeiten, immer kleineren Serien und immer komplexeren Geometrien«, sagt Timo Schäfer vom IPA. »Rapid Manufacturing liegt da genau im Trend: Es bietet die Möglichkeit, die gewünschten Bauteile schnell, individuell und ohne großen technischen Aufwand bereitzustellen.«

Sogar Unikate lassen sich auf diese Weise kostengünstig herstellen: Ersatzteile für

sungen gefragt«, weiß Meyer. Die Forscher vom Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Sinterwerkstoffe IKTS sowie vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT nutzen Rapid-Technologien, um Implantate für die Zahnmedizin herzustellen. Am Fraunhofer-Institut für Lasertechnologie ILT wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem sich aus hochwertigem Metallpulver Implantate für die Chirurgie erstellen lassen – ganz individuell, versteht sich.

In Zukunft wollen die Forscher nicht nur Metall, Kunststoff, Sand und Bleche verarbeiten, sondern sogar lebende Zellen. »Erste ermutigende Erfolge bei der Herstellung von organischen Implantaten aus Knorpel- oder noch anspruchsvolleren Gewebestrukturen gibt es schon«, berichtet Meyer. Sein Resümee: »Das Manufacturing on Demand ist eine Entwicklung, die das Potenzial hat, einen großen Markt zu erschließen.«

Monika Weiner

Schwindelfreie Heinzelmännchen

Fensterputzen ist für die meisten Menschen ein lästiges und manchmal auch gefährliches Übel. Nicht so für Serviceroboter. Ohne zu murren übernehmen sie diese unbeliebte Aufgabe.



Designstudie des
Fensterputzroboters Quirl.

© Fraunhofer IPA

Wer träumt nicht davon: Man krabbelt morgens aus dem Bett, erwartet eine Behausung, die einer dringenden Grundreinigung bedarf – und erblickt stattdessen eine werbetauglich strahlende Wohnung. Leider hinterlassen die aus der Sage bekannten Heinzelmännchen ihre blitzenden Spuren nicht mehr, und so müssen Hausfrau und -mann selbst zum Putzlappen greifen. Doch auch ohne das Auftauchen der fleißigen Fabelwesen könnte dieser Traum Realität werden – mithilfe von Servicerobotern.

Raccoon – der tüchtige Helfer für zu Hause

Die fleißigen Gesellen nehmen den Menschen immer mehr unangenehme Arbeiten ab – sie mähen den Rasen, wischen Böden oder saugen Staub. Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart haben nun auch für stressgeplagte Fensterputzer eine Lösung. »Mit Raccoon – dem Waschbären – haben wir vor zwei Jahren erstmalig einen tragbaren Fensterputzroboter gebaut«, freut sich Ingenieur und Gruppenleiter Kai Wegener vom IPA. Wird Raccoon links unten an das Fenster gesetzt, fährt er automatisch die gesamte Fensterscheibe ab – und hinterlässt eine strahlende und schlierenfreie Aussicht. Ist die Aufgabe erledigt, kann er rechts unten am Fenster wieder abgenommen werden. Saugelemente sorgen dafür, dass der Waschbär während der Arbeit nicht herunterfällt. Ähnlich wie bei einem Raupenfahrzeug sind sie an einer umlaufenden Kette befestigt und können über kleine Ventile abgedichtet oder belüf-

tet werden. Das Signal zur Richtungsänderung gibt der Fensterrahmen: wird er erreicht, fährt Raccoon Umsetzungssauger an den Ecken aus. Diese halten den Roboter, während die Saugnapf-Raupe angehoben und in eine neue Richtung gedreht wird. Raccoon kommt ohne Versorgungsleine aus und arbeitet daher völlig autonom. Das aufwändige Fensterputzen reduziert sich auf das Umsetzen des Roboters von einem Fenster an das nächste.

Als Aufbewahrungsort des Raccoons dient eine Dockingstation. Wird der Roboter in diese Station hineingestellt, laden sich seine Akkus automatisch wieder auf. Aus einer Vorratsbox werden währenddessen feuchte Reinigungstücher in die zwei Reinigungsmodule geklipst.

Fensterreinigung im Handtaschenformat

Noch bringt Raccoon 6,5 Kilogramm auf die Waage und seine Grundfläche ist mit DIN A3 etwa so groß wie eine Tageszeitung. Das ist jedoch noch zu schwer und zu groß: Marktforschungen haben ergeben, dass ein Fensterputzroboter weniger als ein Kilogramm wiegen muss, wenn er in den Haushalten wie ein Staubsauger oder eine Kaffeemaschine akzeptiert werden soll. Er darf nicht größer als ein DIN A5-Blatt sein und maximal 250 Euro kosten. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, haben die Fraunhofer-Tüftler zwei weitere Funktionsmuster entwickelt: Das erste wiegt 950 Gramm. Das zweite Muster mit Namen Quirl ist noch leichter: Es wiegt inklusi-

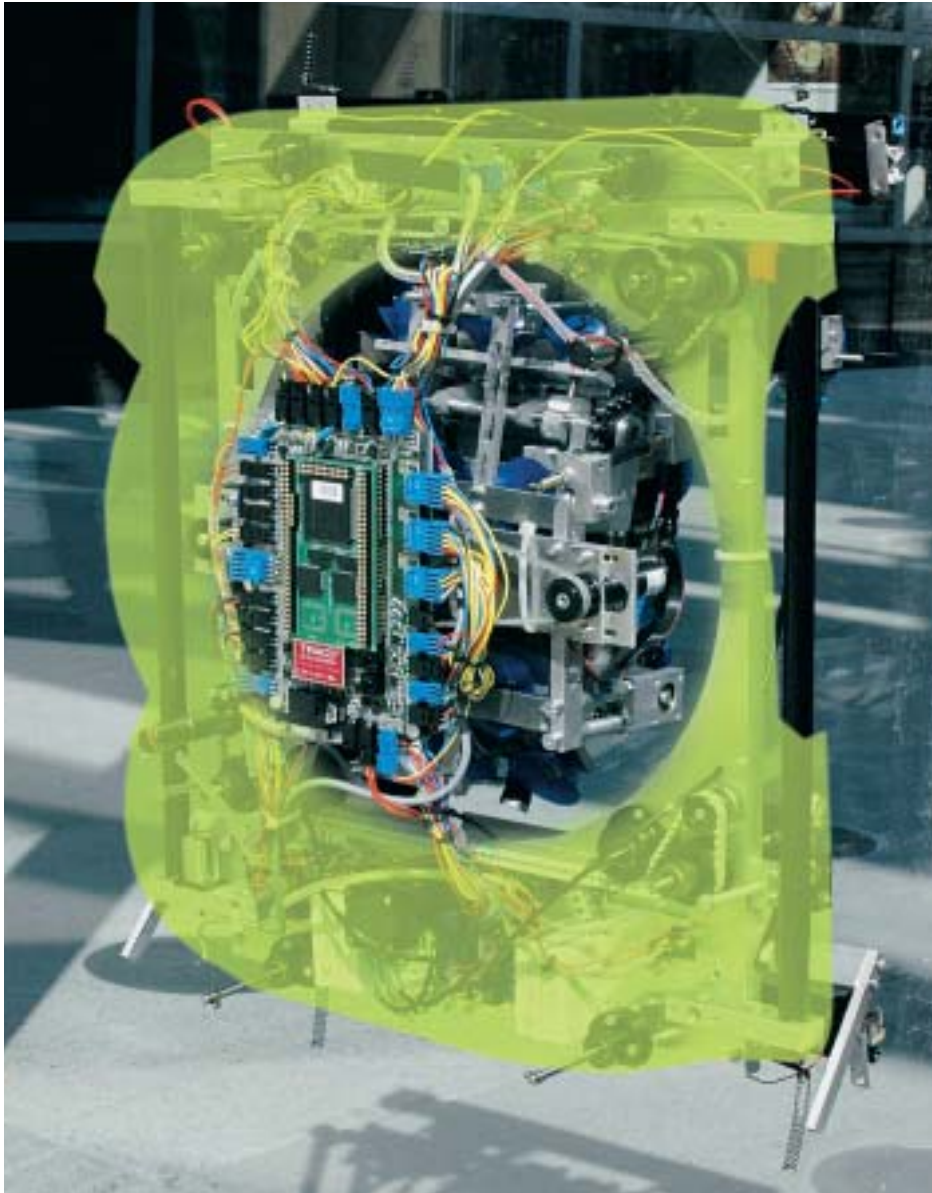
ve Batterien rund 600 Gramm, und seine Grundfläche ist nicht größer als die einer Postkarte.

»Um eine solche Miniaturisierung zu realisieren, mussten wir zunächst ein neuartiges Halte- und Bewegungssystem entwickeln«, erklärt Kai Wegener. »Hier hatten wir die Idee des gleitenden Saugnapfes, der zunächst in einem namenlosen Funktionsmuster getestet wurde.« Das Prinzip, das hinter diesem Saugnapf steckt, hört sich erst einmal einfach an: Wird die Luft in dem Saug-



Innenleben des Quirl:
Kernstück des patentierten Halte- und Bewegungssystems sind die beiden Saugnapfe.

© Fraunhofer IPA



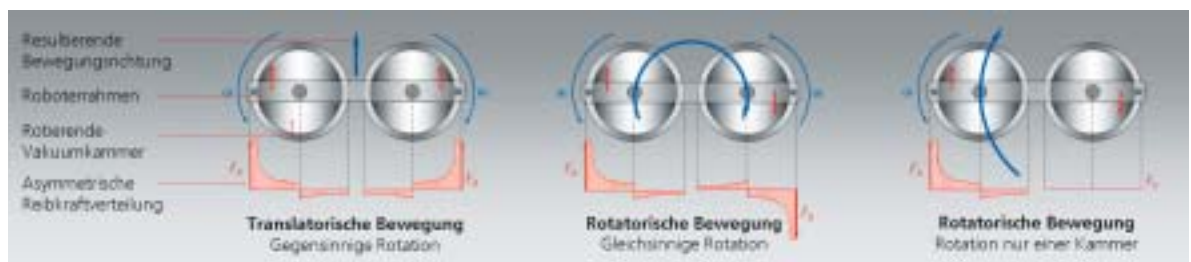
nute nur wenige Sekundenbruchteile einschalten, um den benötigten Unterdruck zu halten und den Roboter nicht abstürzen zu lassen.

»Eine weitere Verkleinerung der ortsigen Reinigungsmaschine konnten wir nur mit einem Bewegungssystem erreichen, das ohne zusätzliche Antriebsräder auskommt«, schildert Wegener den Entwicklungsprozess. »So wurde das Funktionsmuster Quirl zum Leben erweckt.« Sein ortsiges Hin- und Hersaus geht auf die Saugnäpfe zurück: Werden zwei von ihnen angebracht und rotieren sie unabhängig voneinander, fegt Quirl über die Scheibe – ohne Antriebsräder. Seine Bewegung kann dabei in Richtung und Geschwindigkeit gesteuert werden: Je nach Kombination der Drehrichtungen der beiden Saugnäpfe können lineare oder rotatorische Bewegungen durchgeführt werden. Durch die Rotation kann das Fenster zusätzlich geschrubbt werden. In einem weiteren Schritt soll auch die Fluidichtung in Quirl integriert werden. So lassen sich das Reinigungssystem, die Halterung des Roboters und das Bewegungssystem in einer Komponente – dem Saugnapf – vereinen. »Quirl bringt nur noch ein

Raccoon reinigt autonom, ohne Versorgungsleine.
© Fraunhofer IPA

Die zwei Saugnäpfe rotieren unabhängig voneinander und bewegen Quirl gezielt über die Fenster-scheibe.

© Fraunhofer IPA



napf durch eine Pumpe abgesaugt, haftet der Roboter an der Scheibe. Das Problem: Er soll nicht nur vor dem Herunterfallen bewahrt werden, sondern sich auch über die Scheibe bewegen. Somit muss die Fläche, die auf dem Fensterglas aufliegt, neben guten Hafteigenschaften auch gute Gleiteigenschaften aufweisen. Eine schwierige Aufgabe: Denn eine geringe Reibungskraft geht mit schlechten Hafteigenschaften einher.

Für den Roboter heißt das: Gleitet das Haltesystem gut, kann zwar ein kleiner Antriebsmotor verwendet werden, dafür muss aber eine entsprechend große Pumpe her.

»Durch Einspritzen einer Flüssigkeit zwischen Fensterglas und Saugnapf konnten wir dieses Problem lösen«, verrät der Gruppenleiter Wegener. Aus einem kleinen Flüssigkeitstank werden etwa zweimal pro Minute einige Milliliter entnommen und unter den Saugnapf gepumpt. Auf dem Flüssigkeitsfilm gleitet der Roboter reibungsarm und Energie sparend. Die Flüssigkeit verbessert nicht nur die Gleiteigenschaften, sondern putzt zudem. Ein Ring um den Saugnapf befreit das Fensterglas anschließend vom Schmutzwasser. Die Saugnäpfe sind bei dieser Fluidichtung optimal abgedichtet: Die Pumpe muss sich in einer Mi-

Zehntel des Gewichts seines Ahnen Raccoon auf die Waage und bietet ein hohes Potenzial für ein preisgünstiges Produkt«, schätzt Wegener ein.

Bis zur Marktreife des Quirl müssen sich die Fensterputzer noch einige Jahre gedulden: Zunächst muss aus dem Funktionsmuster ein Prototyp entwickelt und dieser in ein marktfähiges Produkt überführt werden. Dann jedoch kann sich der Heinzelmann im Lehnstuhl bequem zurücklehnen und die Arbeit seinen metallischen Nachfolgern überlassen.

Janine Drexler

Laserstrahlschweißen macht Flugzeuge leichter

Der Airbus A 380 wird als weltweit erstes Großraumflugzeug mit laserstrahlgeschweißten Rumpfschalen im Unter-rumpf an den Start gehen.

© Airbus



Großraumflugzeuge der Generation XXL stellen die Flugzeughersteller vor enorme Herausforderungen. Denn Produktions- und Betriebskosten für die Überflieger müssen überschaubar bleiben. In einer neuartigen 3-D-Laserschweißanlage werden Technologien für das hochpräzise Fügen von Rumpfteilen entwickelt, die eine Gewichtsersparnis von bis zu 15 Prozent ermöglichen.

Die Lust am Reisen ist ungebrochen. Die Zahl der Fluggäste – so die Prognosen der Fachleute – soll sich in den nächsten 15 Jahren verdoppeln. Doch viele Flughäfen sind schon heute bis an die Kapazitätsgrenzen ausgelastet. Flugzeughersteller und Airlines setzen deshalb große Hoffnungen auf die Generation XXL. In einem Großraumflugzeug wie dem Airbus A 380 reisen 550 Passagiere bequem auf zwei übereinander liegenden Decks nonstop 14 800 Kilometer. Doch die Giganten sollen künftig nicht nur den Flugverkehr reduzieren. Sie setzen auch bei Umweltschutz und Verbrauch neue Maßstäbe. Der A 380 ist deutlich leiser als heutige Flugzeuge. Außerdem benötigt er 20 Prozent weniger Kerosin. Das kommt auch der Umwelt zugute, denn es gelangen weniger Schadstoffe in die Atmosphäre. Die

Betriebskosten liegen um etwa ein Fünftel niedriger als beim Konkurrenzflieger, der Boeing 747. Möglich werden Großraumflugzeuge wie der A 380 nur durch enorme Anstrengungen der Flugzeugkonstrukteure. Sie setzen dabei unter anderem auf neue Aluminiumverbindungen und Produktionsverfahren, um Gewicht und Kosten zu sparen. Seit Ende Juni sind am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden die technischen Voraussetzungen vorhanden, um große sphärische Flugzeugrumpfteile in einem Arbeitsschritt mit Verstärkungselementen zusammen zu fügen. Die gigantische Laserschweißanlage für das Fügen von 3-D-Teilen ist 16 Meter lang, sieben Meter breit und fünf Meter hoch. Das Gemeinschaftsprojekt des IWS mit der Airbus Deutschland GmbH, der Schuler Held

Lasertechnik GmbH Dietzenbach und der ibs Automation GmbH Chemnitz wird vom Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst sowie aus Mitteln des EFRE-Fonds der EU gefördert.

Das Nieten hat kein Entwicklungspotenzial mehr

»Derzeit werden Flugzeugrumpfe von Großflugzeugen weltweit aus tausenden, teilweise aufwändig hergestellten Einzelteilen mithilfe von etwa einer Million Nieten gefügt«, beschreibt der Leiter des Projekts Laserstrahlschweißen von Flugzeugrumpfteilen, Prof. Berndt Brenner, den Alltag in den Werkshallen der Flugzeugbauer. »Das Nieten ist eine hoch entwickelte automatisierte Technologie, die jedoch am Ende ih-

res Entwicklungspotenzials angelangt ist und keine wesentlichen Produktivitätsfortschritte oder deutliche Gewichtseinsparungen mehr erwarten lässt.« Flugzeughersteller wie Airbus oder Boeing interessieren sich deshalb seit gut zehn Jahren für neue Techniken, die das Nieten ablösen könnten. Schnell stellte sich heraus, dass für das Fügen großer metallischer Flugzeugteile mit Versteifungselementen, wie sie etwa für den Airbus A 380 benötigt werden, nur Laserstrahlschweißen infrage kommt.

»Vergleicht man die Nietgeschwindigkeit von 200 bis 400 Millimetern pro Minute mit der Laserschweißgeschwindigkeit von sechs Metern pro Minute, zeigt sich ganz klar ein großer Vorteil der neuen Technik, der selbst bei dem höheren Prüfaufwand noch zu Buche schlägt«, sagt Brenner. »Außerdem kann man beim Laserstrahl-

GmbH, macht dies an einem Beispiel deutlich: »Pro 1 000 Kilo Gewichtseinsparung erreichen wir mit Schneeballeffekten – ein leichteres Flugzeug benötigt eine geringere Triebwerksleistung, kleinere Tragflächen etc. – eine Treibstoffkostenreduzierung von 1,45 Prozent bezogen auf einen Airbus A 340-300. Für einen Transatlantikflug bedeutet das eine Kerosineinsparung von 750 Kilogramm. Das wiederum entspricht einer Kostenreduktion über die kalkulierte Lebensdauer des Flugzeugs (25 Jahre) von etwa neun Millionen Euro!«

Doppelgantry-Aufbau bietet deutliche Vorteile

In der neuen Schweißanlage können am IWS erstmals Versteifungselemente wie Stringer, Clips oder Spanten auf einer Anlage an die Flugzeugrumpf-Hautfelder ange-

gungsachsen steuert. Nun wird das Hautfeld mittels Vakuum-Spanntechnik gespannt und die Nahtverfolgungssensorik geeicht. Nachdem die beiden Laserstrahlfoki auf den Schweißpunkt ausgerichtet wurden, wird das Versteifungselement in die Stringer-Spann- und Führungseinheit eingespannt. Nach dem Start des CNC-Programms beginnt der Schweißvorgang.

Ein bisher einmaliges Konstruktionsprinzip setzt dabei neue Maßstäbe: »Wir haben hier zwei unabhängige, 3-D-bewegliche Schweißköpfe und eine 3-D-bewegliche Spann- und Führungseinheit realisiert. Dabei müssen die Laserstrahlfoki mit einem Durchmesser von 160 µm aus schweißtechnischen Gründen durch Fokussierspiegel mit einer Brennweite von 150 bis 250 Millimetern erzeugt werden. Das bedeutet, dass man die Fokussierspiegel, die Schweißdraht- und Schweißgaszufuhr sehr genau führen muss. Durch unsere Bewegungstechnik können wir sowohl die beiden Laserstrahlfoki und die mitfahrende Spanneinheit mit einer Genauigkeit von plus/minus 0,05 Millimeter in hoher Dynamik und Geschwindigkeit koordiniert im Raum bewegen«, erklärt Brenner eine Besonderheit der Anlage. Wahlweise können statt der CO₂- auch Nd:YAG-Laser verwendet werden. Letztere sind besonders im Hinblick auf zukünftige Anwendungen interessant. »Gerade bei Festkörper-Lasern gibt es derzeit neue Entwicklungen wie etwa Scheiben- oder Faserlaser, die später problemlos in die Anlage integriert werden könnten«, führt der Experte aus.

Die Wissenschaftler am IWS arbeiten schon seit 1999 zusammen mit Airbus daran, die Schweißtechnologie für den Flugzeugbau zu verbessern und neue Strategien für die Bauweise zu entwickeln. In einem ersten Projekt wurden in einer Testanlage verschiedene Prüfteile wie etwa zylindrische Rumpfschalen mit den Stringern aus dem Unter-rumpfbereich laserstrahlgeschweißt. Das Verfahren eignet sich aber nicht nur für zylindrische Rumpfteile. Auch Landeklappen, sphärische Rumpfschalen, Fahrwerksschächte oder Tragflügelverkleidungen könnten so mit Versteifungselementen wie Stringer, Clips oder Spanten gefügt werden. Die Anlage am IWS ist auch für eine Vielzahl anderer Branchen interessant, davon ist Prof. Brenner überzeugt. Neben Flugzeugherstellern könnten auch Fahrzeugbauer, Kranbauer, Stahlbauer und die Halbzeugfertigung von der neuen Technik profitieren.

Isolde Rötzer



XXL-Laserstrahl-schweißanlage mit sphärischem Rumpfteil und aufgeschweißten Stringern auf einer Schweißstützschale.
© Fraunhofer IWS

schweißen auf die breiten Nietsockel in der Flugzeugaußenhaut und am Stringerfuß verzichten. Gleichzeitig entfällt die Versiegelungsmasse zwischen den genieteten Teilen. Dadurch verringert sich das Strukturgewicht um fünf Prozent. Dazu kommt, dass die Schweißverbindung trotz des geringeren Gewichts eine größere Druck- und Schubfestigkeit liefert. Neben den günstigeren Produktionskosten schlägt zudem noch die geringere Korrosionsanfälligkeit positiv zu Buche.« Künftig rechnen die Experten damit, dass sich durch weitere Verbesserungen bei Material und Schweißtechnik eine maximale Gewichtseinsparnis bis 15 Prozent ergeben könnte. Schon ein Kilo Gewichtseinsparnis ist für die Flugzeughersteller ein großes Plus. Hartmut Brenneis, Projektleiter beim Auftraggeber Airbus Deutschland

schweißt werden. Das Besondere der XXL-Anlage ist der Doppelgantry-Aufbau mit zwei unabhängig voneinander beweglichen y-Brücken und einem Hybridprinzip für die Bauteilbewegung. Der x-Verfahrtisch kann sich mit oder entgegen der Verfahrrichtung der y-Brücken bewegen. Dadurch erzielen die Wissenschaftler eine Vergrößerung der Maschinendynamik sowie eine Verringerung der Baugröße. In der Gantry-Maschine können die 3-D-Bauteile mit einer Größe von 10,5 x 3 x 1,5 Metern mit den Versteifungselementen beidseitig-gleichzeitig unter Sensorführung geschweißt werden. Im ersten Arbeitsschritt lesen die Wissenschaftler zunächst die CAD-Daten der Bauteile ein, die miteinander verbunden werden sollen. Anschließend erstellen sie ein CNC-Programm, das die Bewegung der 21 Bewe-

Fraunhofer-Forscher haben eine Motorhaube aus Magnesium entwickelt.
© Fraunhofer IWU



Leicht, leichter, Magnesium

Hohe Rohölpreise, Ökosteuer – tanken in Deutschland ist teuer wie selten zuvor. Damit die Kunden nicht den Spaß am Autofahren verlieren, versuchen die Hersteller den Spritverbrauch der neuen Modelle zu drosseln. Leichtbauwerkstoffe wie Magnesium sollen das Gewicht der Wagen und damit auch den Kraftstoffverbrauch senken.

Nicht nur Models schauen auf jedes Kilogramm. Auch Automobilbauer achten darauf, dass die neuen Modelle nicht zu viele Kilos auf die Waage bringen. Denn je schwerer ein PKW ist, desto mehr Sprit verbraucht er und desto mehr Schadstoff stößt er aus. Um den Benzinverbrauch zu senken, hilft vor allem eines: runter mit dem Gewicht. Doch die Schlankheitskur bei Automobilen fällt zunehmend schwerer. Denn in den vergangenen Jahren sind die Auto-Modelle nicht nur größer geworden. Sie enthalten auch immer mehr elektronische Feinheiten und Sicherheitssysteme wie ABS, Sitzheizung, elektronische Fensterheber, Navigationssystem oder Klimaanlage. Und

das macht sich beim Gewicht bemerkbar. Damit die Wagen dennoch nicht zu schwer werden, setzen die Automobilhersteller auf Leichtbauwerkstoffe wie Aluminium, Magnesium und neuartige Verbundwerkstoffe.

Einen entscheidenden Beitrag zur Gewichtsreduktion kann vor allem Magnesium leisten. Der Werkstoff hat ein spezifisches Gewicht von nur $1,8 \text{ g/cm}^3$. Damit ist Magnesium der leichteste metallische Konstruktionswerkstoff. Zum Vergleich: Aluminium bringt $2,7 \text{ g/cm}^3$ und Stahl sogar knapp 8 g/cm^3 auf die Waage. Doch das geringe Gewicht ist nicht der einzige Vorzug des unedlen Metalls: Der Werkstoff ist unbe-

grenzt verfügbar und leicht recycelbar. Zudem lässt er sich so verarbeiten, dass auch komplexe Bauteile mit filigranen Strukturen gegossen werden können.

Dennoch wird der Werkstoff noch zögerlich im Autobau eingesetzt. Einige der Bauteile, in denen Magnesium verarbeitet wurde, sind zum Beispiel die Heckklappe des VW-Lupo und der Instrumententafelträger des Opel Vectra. Damit das Potenzial des Leichtbauwerkstoffs besser ausgenutzt werden kann, bedarf es noch einiger Forschungsarbeit. Bei welcher Belastung und an welchen Stellen versagen Magnesium-Bauteile im Crash? Welchen Einfluss haben Temperatur

Interview mit Günter Deinzer,
Leiter des Zentrallabors bei Opel

Die Adam Opel AG setzt Magnesium bereits im Automobilbau etwa als Instrumententafelträger ein. Wie hat sich der Werkstoff bewährt? Wir sind in die Entwicklung dieser Komponenten mit dem Bewusstsein gegangen, ein hohes Gewichtsreduzierungspotenzial ausschöpfen zu können. Wir haben mit dem Vectra ein Volumenmodell ausgesucht, das nahezu komplett neu entwickelt wurde und in einer neu aufgebauten, hochmodernen Fertigung produziert wird. Darin liegt auch ein gewisses Risiko verborgen, das wir bei der Entwicklung des Magnesium-Instrumententafelträgers durch intensive Zusammenarbeit mit Lieferanten, externen Fachleuten und allen betroffenen Fachbereichen des Internationalen Technischen Entwicklungszentrums der Adam Opel AG minimiert haben. Die anfänglichen Bedenken hinsichtlich der Crash-Eigenschaften dieser Komponenten konnten durch rechnerische Simulation und durch umfangreiche Bauteil- und Systemtests ausgeräumt werden. Im Zuge der Entwicklungsarbeiten wurde darüber hinaus sehr deutlich, welche wichtige Rolle die werkstoffgerechte Bauteilauslegung, der optimierte Gießprozess und die kostenoptimierte Nachbearbeitung spielen.

Welche Aufgaben müssen noch gelöst werden, damit mehr Magnesium eingesetzt werden kann? Aus heutiger Sicht sehe ich nach wie vor die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit als eines der größten Hemmnisse für den verstärkten Einsatz von Magnesium im Automobilbau. Dazu trägt der im Vergleich zu anderen Werkstoffen höhere Rohstoffpreis bei. Ein weiterer großer Kostenfaktor ist die nicht werkstoffangepasste Gießtechnik. Konkretes Beispiel:

Für die Herstellung von Magnesium-Druckgusskomponenten muss der Gießdruck deutlich niedriger sein als bei Aluminium. Dadurch bedingt könnten Maschinen mit geringeren Schließkräften und damit geringeren Maschinenstundensätzen eingesetzt werden. Für Bauteile mit einer großen Sprengfläche, wie den Instrumententafelträger sind entsprechend voluminöse Druckgusswerkzeuge erforderlich. Die am Markt verfügbaren Kaltkammergießmaschinen – für Aluminium-Druckguss ausgelegt – sehen keine Kombination eines kleinen Gießaggregats mit einer Aufnahme von Großwerkzeugen vor.

Welches sind die Stärken der Institutsallianz Magnesium Leichtbau aus Sicht der Industrie?

Die Stärken der WISA Magnesium liegen in der interdisziplinären Aufstellung der beteiligten Fraunhofer-Institute und in der anwendungsnahen Ausrichtung der Forschungsinhalte. Dadurch werden nicht nur singuläre Themengebiete bearbeitet, sondern die Problemstellungen ganzheitlich angegangen. Die Ergebnisse werden im engen Dialog der Institute mit den Industriepartnern erarbeitet und fließen dadurch unmittelbar in die Entwicklungsarbeiten ein.

Wie sehen Sie die Chancen für Magnesium in den nächsten Jahren? Auf dem Sektor Werkstoff- und Prozessentwicklung für Magnesium tut sich zurzeit einiges. Wir erwarten vom Werkstoff Magnesium einen zunehmenden Beitrag zur Reduzierung der Fahrzeuggewichte und damit zur Verbesserung der Treibstoffeffizienz. Über die Anwendung in der Form von Gussteilen hinaus, werden auch Magnesium-Bleche und -Extrusionen interessante Alternativen zu Stahl und Kunststoffen darstellen. Als Automobilhersteller werden wir in Zukunft auf einen Materialmix in allen Fahrzeugbaugruppen setzen.

und Umgebungsbedingungen auf die Lebensdauer? Wie kann Magnesium rissfrei mechanisch gefügt werden? Wie müssen Schraubverbindungen für Magnesium-Bauteile ausgelegt werden? Welche Fertigungsverfahren sind neben dem Druckgießen geeignet? Wie kann der Werkstoff vor Korrosion geschützt werden? Diese und weitere Fragestellungen untersucht die wirtschaftsorientierte strategische Allianz »Magnesium-Leichtbau«. In dieser Allianz haben sich sechs Fraunhofer-Institute zusammengeschlossen. »Wir wollen experimentelle und numerische Werkzeuge entwickeln, die der Industrie helfen, Bauteile aus Magnesium qualitätsgerecht planen, auslegen, fer-

tigen und einsetzen zu können«, erläutert Projektleiter Dr. Jens Standfuß vom Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden die Aufgaben des Zusammenschlusses. Mittelfristiges Ziel ist es, das optimale Bauteil auf der Basis weniger Werkstoffkennwerte virtuell im Rechner ermitteln zu können. Nur so lassen sich die Entwicklungszeiten für Bauteile aus Magnesium drastisch verkürzen.

Um hierfür Grundlagen zu schaffen, haben die Fraunhofer-Forscher exemplarisch drei aktuelle Automobil-Bauteile untersucht. »Die Bauteile Instrumententafelträger, Motorhalter und Motorhaube sind so gewählt,

dass sie die verschiedenen Einsatzbedingungen und Beanspruchungen des Magnesiums in der Praxis berücksichtigen und gleichzeitig ein breites Spektrum an möglichen Fertigungsverfahren abdecken«, erläutert Standfuß. An diesen Demonstratoren wurden Schwingbelastungen, Crash, Temperatur- und Korrosionseffekte untersucht sowie die Fertigungsverfahren Gießen, mechanisches Fügen, Umformen, Kleben, Lackieren und Schweißen erprobt.

Ein Beispiel: Die Fraunhofer-Forscher haben eine Simulationsmethode zur Crashbewertung von Bauteilen aus Magnesium entwickelt. Mit dieser Methode kann vorab im

Computer berechnet werden, wie sich Bauteile bei einem Crash verformen und wo bevorzugt Anrisse entstehen oder es zum totalen Versagen kommen kann. »In die Entwicklung der Methode sind nicht nur verbesserte Werkstoffprüfverfahren und verbesserte Werkstoffmodelle eingeflossen. Es ist auch eine genaue Kenntnis der lokalen Beanspruchungssituation notwendig, die mit Finite-Elemente-Modellen im Rechner nachgebildet wird. Außerdem spielt das Fertigungsverfahren eine wichtige Rolle.

Allianz Magnesium Leichtbau

In der wirtschaftsorientierten strategischen Allianz »Magnesium Leichtbau« haben sich vor drei Jahren sechs Fraunhofer-Institute zusammengeschlossen. Um möglichst wirtschaftsnah zu agieren, wird der Zusammenschluss von einem Industrieberaterkreis unterstützt. Ziel der Allianz ist es, Werkzeuge (z.B. Fertigungsmethoden, Auslegungs- und Bewertungskonzepte, Prüftechniken) zu entwickeln, mit deren Hilfe Magnesium-Bauteile qualitätsgerecht geplant und realisiert werden können.

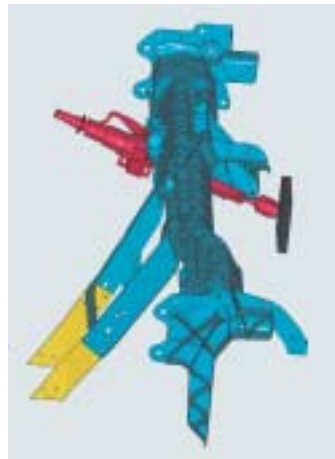
Folgende Institute kooperieren:
Fraunhofer-Institut für

- Werkstoffmechanik [IWM](#), Freiburg
- Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung [IFAM](#), Bremen
- Werkstoff- und Strahltechnik [IWS](#), Dresden
- Werkzeugmaschinen und Umformtechnik [IWU](#), Chemnitz
- Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit [LBF](#), Darmstadt
- Techno- und Wirtschaftsmathematik [ITWM](#), Kaiserslautern

Wird ein Bauteil zum Beispiel gegossen, weist es bedingt durch die Länge der Fließwege in der Gießform und die örtliche Geschwindigkeit der Erstarrung nicht überall die gleichen Eigenschaften auf«, erläutert Thomas Götz vom Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg.

Waren die Berechnungen im Computer richtig? Bricht das Bauteil tatsächlich an der vorhergesagten Stelle? Reale Versuche sind die Nagelprobe. Die Simulationsmethoden haben den Praxistest mit Bravour bestanden. Zunächst ermittelten die Forscher im

Computer das Crashverhalten des Magnesium-Instrumententafelträgers im neuen Opel Vectra. Dieses Bauteil enthält alle Anzeigen und Geräte der Fahrzeugkonsole und überspannt fast die gesamte Breite des Autos. Wegen der Länge des Trägers und seiner Nähe zu den Insassen, spielt die Crashesicherheit hier eine besondere Rolle.



Instrumententafelträger des Opel Vectra: Simulation (re) – Ausschnitt aus dem Bauteil-Crashtest (li).
© Fraunhofer IWM; Opel

Im zweiten Schritt wurden die Ergebnisse in echten Crashtests überprüft und eindrucksvoll verifiziert. Nun können die Ergebnisse auch auf andere Bauteile übertragen werden. Die Forscher planen aber schon weiter: »Wir wollen die Fertigungsprozesse und den Bauteilcrash im Rechner so miteinander verbinden, dass das optimale Bauteil virtuell entwickelt werden kann«, verrät Götz.

Praxisrichtlinien für die Verarbeitung von Magnesium

Wichtige Grundlagen haben die Fraunhofer-Forscher auch für den Einsatz von Magnesiumblechen in der Automobilindustrie gelegt. Sie zeigten, wie Magnesiumblech mithilfe des temperierten Innenhochdruck-Umformens zu einer Motorhaube geformt werden können. Dazu haben die Ingenieure im Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz Praxisrichtlinien erarbeitet. Doch wie können Magnesium-Bauteile vor Korrosion geschützt werden? Die Forscher am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen haben einen Leitfaden für den Oberflächenschutz entwickelt. »Darin wird aufgezeigt, wie die unterschiedlichen Magnesium-Werkstoffe ausgewählt, gereinigt, vorbehandelt und lackiert werden müssen, um sie ausreichend vor Korrosion zu schützen«, erläutert Dr. Jörg Ihde aus Bremen.

Ein entscheidender Punkt, der bei der zukünftigen Verwendung von Magnesium-Bauteilen berücksichtigt werden muss, ist der Einsatz dafür angepasster Fügetechniken. Dazu haben Forscher am IWS Entwicklungen zum Laserschweißen durchgeführt. Sie haben zusammen mit ihren Kollegen vom IFAM, die das mechanische und kleb-

technische Fügen bearbeiten, eine Magnesium-Motorhaube gefügt, um die Eignung der Verfahren zu demonstrieren.

Wie sich der Werkstoff Magnesium unter Temperaturbeanspruchung verhält, wurde an einem Motorhalter untersucht, der den Motorblock mit dem Fahrzeugrahmen verbindet. Am Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt und am IWM wurden die auf tretenden Temperaturen und die zyklischen Belastungen im Einsatz in komplexen Rechenmodellen und Tests nachvollzogen, um die Lebensdauer der Teile vorherzusagen und mögliche Schwachstellen zu identifizieren.

Dass sich der Einsatz von Magnesium für die Autobauer rechnet, zeigt das Beispiel des Instrumententafelträgers im Opel Vectra. Durch den Leichtbauwerkstoff konnte das Gewicht des Bauteils um fünf Kilogramm reduziert werden. »Die Adam Opel AG arbeitet nun daran, den Magnesiumanteil in ihren Automobilen zu erhöhen«, berichtet Günter Deinzer, Leiter des Zentrallabors bei Opel. Die Ergebnisse der Fraunhofer-Institute bieten hierzu viel versprechende Ansätze. Sie können der Automobilindustrie in Zukunft helfen, bei der Konstruktion von neuen PKWs das eine oder andere Kilogramm zu sparen.

Birgit Niesing

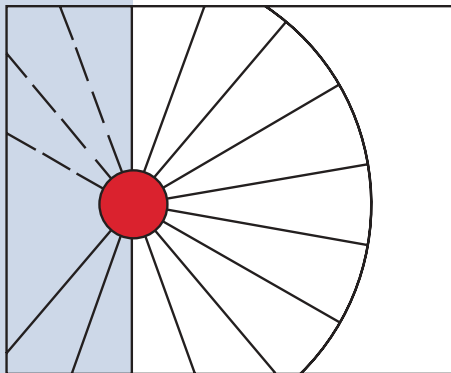
Service

IT im Innovationsmanagement

Wie bleiben Unternehmen erfolgreich? Eine Lösung für konjunkturell schwierige Zeiten sind Innovationen. Sie sind wichtig für Produkte, Prozesse und Organisationsstrukturen, um die Überlebens- und Wachstumsfähigkeit der Unternehmen zu sichern.

Damit der Innovationsprozess kontinuierlich verläuft, muss dieser allerdings strukturiert, entwickelt und gesteuert werden. Neben einer innovationsförderlichen Unternehmenskultur gehört dazu die passende Software. Doch welche Softwarelösung ist die richtige?

Das Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation IAO hat dazu die



Marktstudie »Innovationssysteme – IT-Unterstützung im Innovationsmanagement« veröffentlicht, welche 45 Softwareprodukte von 38 Anbietern vorstellt. Interessenten finden darin Informationen zu Funktionalitäten, Systemvoraussetzungen und Konditionen.

Die Studie (ISBN 3-8167-6450-9) ist zum Preis von 149 Euro (zzgl. MwSt.) über den IAO-Shop unter www.iao.fraunhofer.de/d/shop erhältlich.



Unzureichendes Wissensmanagement

Wie ernst nehmen Unternehmen ihre Mitarbeiter und deren Kompetenzen in der Wissensgesellschaft? Antwort auf diese Frage gab jetzt eine gemeinsam vom Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK und dem Institut für angewandtes Wissen e.V. (iaw-Köln) durchgeführte Online-Befragung. Dabei untersuchten die Wissenschaftler die aktuelle Situation des Kompetenz- und Wissensmanagements in deutschen Unternehmen.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Kompetenzmanagement in den Unternehmen häufig nicht konsequent umgesetzt wird. Die Mitarbeiter sind in ers-

ter Linie auf sich allein gestellt. In Zukunft müssen deshalb die Bemühungen sowohl im Kompetenzmanagement als auch im Wissensmanagement verstärkt werden. Dabei geht es zum einen um die strategische Entwicklung der Unternehmens- und Mitarbeiterkompetenzen und zum anderen um die strukturelle Unterstützung und Förderung des selbstorganisierten Lernens.

Die Studie kann zum Preis von 59 Euro als pdf-Datei bezogen werden. Die Printversion erscheint im August 2004 im IRB Verlag. Weitere Informationen dazu finden Sie unter www.ipk.fraunhofer.de.

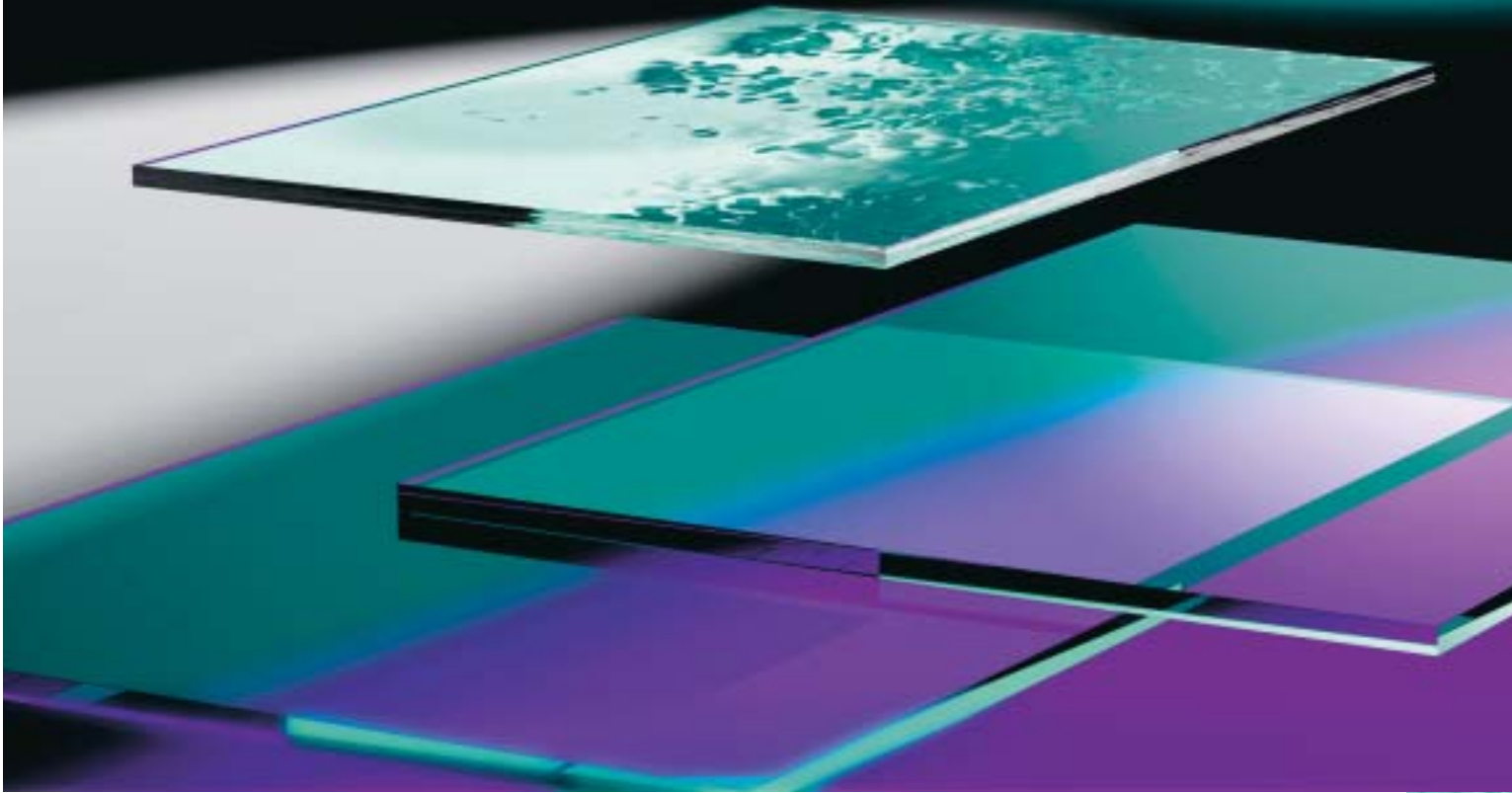
Neues aus der Bildverarbeitung



Mit dem »Leitfaden zur Sicherheits- und Verkehrstechnik mit Bildverarbeitung« hat die Fraunhofer-Allianz Vision den siebten Band ihrer Leitfaden-Reihe veröffentlicht. Vorgestellt werden diesmal neue Bildverarbeitungslösungen, die für mehr Sicherheit im Straßen-, Schienen- und Flugverkehr sorgen, Überwachungs- und Kontrollaufgaben in sicherheitsrelevanten Bereichen übernehmen und die Echtheit von Dokumenten sicherstellen. So können Kameras Bahnstrecken beispielsweise aus dem fahrenden Zug überwachen und bei blockierten Fahrwegen rechtzeitig bremsen oder mithilfe der Bildverarbeitungssoftware zerrissene Dokumente wieder herstellen.

Der Leitfaden (ISBN 3-8167-6552-1) ist für 15,50 Euro über das Büro der Fraunhofer-Allianz Vision in Erlangen oder über den Buchhandel zu beziehen. vision@fraunhofer.de

Schichten mit einstellbarer Aggression



Autoscheiben, die nicht beschlagen, Oberflächen, die Bakterien abtöten, Dachziegel, auf denen keine Flechten und Moose wachsen können? Mit photokatalytischen Schichten sollte dies dauerhaft möglich sein.

Titanoxid ist bislang vor allem als Pigment bekannt. Nicht nur die Lebensmittelindustrie setzt das E 171 der Zulassungsverordnung massenhaft ein. Seine Färbekraft ist derart hoch, dass auch Kosmetika wie strahlend weiße Zahnpasta, Papiere, Emaille und sehr viele Farben davon profitieren. Doch Titanoxid besitzt noch eine ganz andere Fähigkeit: Damit bestrichene Oberflächen reinigen sich von selbst, denn die Substanz verhält sich photokatalytisch. Insbesondere kurzwelliges Licht bewirkt, dass oberflächlich anhaftendes Wasser und Sauerstoff zu Hydroxylradikalen reagieren.

Diese im menschlichen Körper eher unbeliebte Molekülspezies zerstört allmählich nahezu jedes organische Material, das in nahen Kontakt mit der Titandioxidschicht kommt. Bakterien, Viren oder Schmutz überstehen die Attacke nicht, sondern werden im Idealfall in Wasser und Kohlendioxid zerknackt. Dieser Effekt prädestiniert das Material für viele Bereiche, bei denen Sterilität gefordert wird. Geht das Licht aus, lässt die Wirkung jedoch allmählich nach.

Papier ist ein organisches Material. Dennoch zerbröseln gestrichene Tapeten nicht



Werkstoffe

allmählich im Sonnenlicht! »Der oxidative Effekt ist am ausgeprägtesten, wenn die Oberfläche ultraviolett bestrahlt wird«, erläutert Dr. Gerhard Schottner. »Glasscheiben absorbieren UV jedoch recht gut, weshalb man im Zimmer oder Auto bei geschlossenen Fenstern auch kaum braun wird. Bei Außenwänden hingegen treten Probleme auf. Die Hersteller von Fassadenfarben kapseln daher die Titanoxidpartikel ein oder verwenden oxidationsunempfindliche Bindemittel.« Bei anderen Anwendungen ist der zerstörerische Effekt hingegen sehr erwünscht, wie der stellvertretende Leiter der Fraunhofer-Allianz Photokatalyse weiter ausführt: »Wir untersuchen beispielsweise die Frage, wie Dachziegel ausgerüstet werden können, damit Moose und Algen auf ihnen keine Chance haben. Zudem bauen wir in das Kristallgitter des Titandioxids Spuren von Stickstoff oder Kohlenstoff ein. Dadurch verschiebt sich seine

Glas ist nur »ein« Substrat, das sich im Plasma mit TiO₂ beschichten lässt.
© Fraunhofer IST

Fraunhofer-Allianz Photokatalyse

In der Allianz entwickeln Forscher aus acht Fraunhofer-Instituten wirksamere, leistungsfähigere und neue Photokatalysatoren. Das Ziel sind selbstreinigende Schichten, die organische Verbindungen abbauen, also auch darauf siedelnde Organismen töten. Die variabel einstellbare Hydrophilie macht sie darüber hinaus für die Drucktechnik interessant. Zur Beschichtung setzten die Forscher ein breites Spektrum an Technologien ein – Vakuumplasmaverfahren, Sol-Gel-Techniken und Wasserlacke. Um schnell und zuverlässig Aussagen über die photokatalytische Aktivität der Schichten treffen zu können, werden Prüfverfahren für die physikalisch-chemische und mikrobiologische Bewertung entwickelt. Ein weiteres wichtiges Thema ist die Umweltverträglichkeit und gesundheitliche Unbedenklichkeit der Schichten.

Die Institute der Allianz:

- Fraunhofer-Institut für
- Chemische Technologie ICT, Pfinztal
 - Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen
 - Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Stuttgart
 - Molekularbiologie und Angewandte Ökologie IME, Schmallenberg
 - Silicatiforschung ISC, Würzburg
 - Solare Energiesysteme ISE, Freiburg
 - Schicht- und Oberflächentechnik IST, Braunschweig
 - Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP, Dresden



photokatalyse.fraunhofer.de

Absorption leicht von ultraviolett in Richtung rot – verstärkt also den Effekt bei Beleuchtung durch die Sonne.«

Beschichtungsverfahren je nach Anwendung

An der Allianz Photokatalyse beteiligen sich seit eineinhalb Jahren acht Fraunhofer-Institute. Dank der breit gefächerten Forschungsmöglichkeiten bietet sie ein Dienstleistungsangebot, das in Europa seinesgleichen sucht. Dies beginnt bereits bei der Auswahl des zur Anwendung passenden Beschichtungsverfahrens: Sollen homogen geschlossene oder dünne, transparente Schichten erzeugt werden, so eignen sich Abscheideprozesse im elektrischen Plasma. Dazu zählt auch das Magnetron-Sputtern, das insbesondere bei Flachgläsern etabliert ist. Manche Substrate wie Kunststoffe vertragen jedoch keine hohen Temperaturen. Für sie eignen sich nasschemische Sol-Gel-Verfahren, die bei kühleren Bedingungen und Atmosphärendruck ablaufen. Suspensierte Partikel vernetzen sich allmählich untereinander und bilden schließlich eine feste Schicht. Auch an Lacken, die wie Wandfarben mit »körnigem« Titandioxid gefüllt sind, arbeiten die Wissenschaftler bereits. Stets jedoch müssen sie den besten Kompromiss aus etlichen Parametern finden: Abscheidegeschwindigkeit, Schichtgüte, -aufbau und -haftung sowie den Kosten. Mit verschiedenen Strukturierungsverfahren können sie überdies die Oberfläche der Schichten erhöhen und so den Effekt verstärken.

Wasserliebe und Wasserscheu auf Knopfdruck

Eine weitere Eigenschaft von Titandioxid, die die Forscher der Allianz untersuchen und nutzen, betrifft seine variable Affinität zu Wasser (Hydrophilie). Was jeder Laserdrucker und jeder Kopierer im Dauerlauf beherrscht, hätten Drucktechniker auch gern: Walzen, die auf Befehl und in kürzester Zeit die Eigenschaften ihrer Oberflächen verändern. Bei den Bürogeräten bewirkt Licht, dass sie sich elektrostatisch aufladen. Das Tonerpulver haftet nur an den belichteten Stellen und wird so gezielt auf Papier übertragen. Abfall fällt dabei keiner an – von Patronen einmal abgesehen. Das Druckgewerbe jedoch benötigt Platten und Filme, die nach Gebrauch in den Müll wandern. Auch die dort verwendeten Chemikalien wären überflüssig, gäbe es Materialien, die quasi auf Knopfdruck reversibel von



**Spiegel und Glas-
scheiben sollen
möglichst dauerhaft
beschlagfrei bleiben.**
© Fraunhofer FEP

hydrophil auf hydrophob geschaltet werden können. Nur in den Wasser liebenden Bereichen der Druckwalze bliebe Farbe auf Wasserbasis hängen.

Sobald eine Titandioxidschicht belichtet wird, bilden sich Hydroxylgruppen (-OH) – die Oberfläche wird hydrophiler. Warum jedoch die Schicht durch den Einsatz von einem elektrischen Plasma wieder Wasser abweisend wird, ist noch nicht genau bekannt. »Werkstoffentwicklern sind die molekularen Ursachen dafür derzeit nicht so wichtig«, weiß der Leiter der Allianz, Dr. Michael Vergöhl. »Entscheidendes Kriterium für sie ist der Kontaktwinkel, also die messbare Antwort auf die Frage: Wie flach liegt ein Tropfen auf dem Material? Im besten Fall können wir mit einfachen Atmosphärendruckplasmen in nur wenigen Millisekunden von 10 auf 90 Grad zurückschalten.« Ein rechter Winkel entspricht gerade einem halbkugeligen Tropfen und markiert die Grenze zwischen hydrophil und hydrophob. Dieses zum Patent angemeldete Verfahren könnte sich auch für einen exotischen Bereich der Drucktechnik eignen: Bei Biochips und anderen Produkten aus Medizintechnik und Lebenswissenschaften müssen oft kleinste Punkte oder Linien bio-

logisch aktiver Substanzen übertragen werden. Mit Titandioxid beschichtete Stempel könnten sich in Zukunft gezielt und örtlich hoch aufgelöst ein- und abschalten lassen.

Der Effekt lässt sich auch nutzen, um das Beschlagen von Glasscheiben zu verhindern, wie Vergöhl betont: »Bei sehr niedrigen Kontaktwinkeln bildet Wasser keine Tröpfchen, sondern fließt einfach als transparenter, dünner Film ab. Gleichzeitig spült er anhaftende Schmutzreste weg. Das wäre für Fassadenbauer ebenso ein Segen wie für Brillenträger. Auch die Autoindustrie ist ganz wild auf unbeheizte Spiegel mit immer klarerer Rücksicht.« Die Hauptschwierigkeit bei derlei Entwicklungen liegt derzeit bei der unzureichenden Altersbeständigkeit der Schichten. Doch ist in ihnen noch viel »Musik«, wenn Vergöhl zumindest so viel verrät: »Die Dotierung mit Spuren anderer Elemente ist ein Weg. Ein anderer betrifft Metalloxide, die ebenfalls photokatalytisch wirken – bei unterschiedlicher Modifikation, Partikelgröße und Kristallinität.«

Parallel zu dieser Materialentwicklung kümmern sich Forscher der Allianz auch um die Charakterisierung der Schichten, also die Frage: Welche Belichtungen bei verschiede-

nen Wellenlängen rufen welche Effekte hervor? In typischen Modellsystemen wird etwa der oxidative Abbau von Farbstoffen ermittelt, da die bleichende Wirkung mit einfachen Geräten gemessen werden kann. So werden aussagekräftige und dennoch möglichst einfache Standards und Normen angestrebt, die dann in der weltweiten Forschungsszene etabliert werden sollten. Einige japanische Gruppen haben bereits Vorschläge gemacht – über das Deutsche Institut für Normung tauschen sich die Forscher untereinander aus und versuchen, einen Konsens herbeizuführen.

Die Folgen biozider Feldzüge

Die antimikrobielle Wirkung untersuchen Fraunhofer-Forscher in Stuttgart: Wie schnell zerstören die Schichten darauf siedelnde Bakterien? Analoge Untersuchungen laufen an Algen. Am Fraunhofer-Institut im sauerländischen Schmallenberg entwickelten Forscher um Dr. Kerstin Hund-Rinke ein Testsystem zur Analyse der zerstörerischen Wirkung. »Wenn Kollegen von anderen Instituten uns ihre neuen Schichtproben schicken, benetzen wir sie mit suspendierten Zellen einer wohl bekannten Algenart. Bei Belichtung sterben sie ab und werden oxidiert. Nach zwanzig Stunden verrät uns ein Fluoreszenzmessgerät, wie viele Zellen übrig geblieben sind.«

Öko- und toxikologische Aspekte lassen die Wissenschaftler ebenfalls nicht außer Acht. In ersten Freilandversuchen ermitteln sie, wie und wie lange die aggressiven Schichten in der Umwelt wirken. Dies ist schon deshalb wichtig, da sich kleinste Partikel meist anders verhalten als kleine. Die Frage »Wieviel E 171 darf ein Mensch essen?« kann dagegen als beantwortet gelten: Nach der Zulassungsverordnung ziemlich viel.

Johannes Ehrlenspiel



Erfolgreich mit Logistik

Logistik und Software – ein unzertrennliches Paar. Die GamBit GmbH, ein Spin-off des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund, hat sich mit dieser Kombination äußerst positiv entwickelt. Ein Blick in die Geschichte: 1988 wurde die GamBit GmbH gegründet und arbeitete ursprünglich mit dem Ziel, Geräte für die Messtechnik und Produktionsautomatisierung zu entwickeln und zu vertreiben. 1990 kam die Logistik hinzu. Die junge

Firma steuerte Produktionsprozesse in der Flugzeugindustrie bei Airbus und optimierte die Steuerung und Lagerverwaltung zahlreicher Unternehmen. Ein Partner, der immer wieder auf die Kenntnisse und Fähigkeiten von GamBit zurückgriff, war der niederländische Konzern Vanderlande Industries. Vanderlande Industries ist weltweit Lieferant von Materialflusssystemen für Flughäfen, Warehouse Distribution, Logistik für Paketdienste. Die Software für logistische Aufgaben erstellte häufig GamBit. 1997 übernahm Vanderlande Industries 92 Prozent des Fraunhofer-Spin-offs. Ende 2003 wurde dann auch der Name geändert in Vanderlande Industries Logistics Software GmbH.

Die Dienste der ehemaligen GamBit sind insbesondere bei der internen Logistik gefragt. RFID ist auch hier ein Thema. Derzeit wird an der Steuerung von Transportbehältern mit RFID gearbeitet, werden Interfaces entwickelt, um unterschiedliche RFID-Systeme anzuschließen und Tags für die interne Distribution getestet. »Für die



Mitarbeiter der GamBit GmbH war der Zusammenschluss mit Vanderlande Industries ein großer Erfolg. Er sichert uns eine internationale Ausrichtung mit dem Rückhalt in einem starken Konzern«, so Peter Stuer, Geschäftsführer bei Vanderlande Industries Logistics Software GmbH. »Firmensitz, Belegschaft und Struktur wurden übernommen.« Hauptprodukt ist die standardisierte Software für Warehouse Management und Warehouse Control »VISION®«. Auch mit Fraunhofer laufen weiter gemeinsame Projekte.

Stefanie Feige
www.vanderlande.com

Wafer-Recycling

Siliziumwafer sind das Rohmaterial für Computerchips. Auf ihnen werden die Halbleiterelemente, Prozessoren und Speicher gefertigt. Bislang haben die meisten Scheiben einen Durchmesser von 200 Millimetern. 300-Millimeter-Wafer sind aber immer mehr im Kommen, denn der größere Durchmesser erlaubt es den Herstellern, etwa doppelt so viele Chips auf einem Wafer in einem Durchlauf zu produzieren. Mit der Größe steigt der Wert der Siliziumscheiben – etwa 500 Dollar das Stück. Die Firma isiltec GmbH gründete sich 1999 aus dem Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen. Sie hilft Halbleiterherstellern oder Anlagenbetreibern, gebrauchte Wafer wieder fit zu machen und damit Geld zu sparen. Denn ein aufgearbeiteter Wafer kostet weniger als die Hälfte eines vergleichbaren neuen Wafers.



In einzelnen Arbeitsschritten – Ätz-, Polier- und Reinigungsprozessen – wird entfernt, was vorher auf dem Wafer war. »Jeder Chiphersteller verwendet Standard- und Spezialprozesse für die Chipfertigung«, erklärt Dr. Hans-Martin Dudenhausen, Gründer und Geschäftsführer von Isiltec. »Wir analysieren und messen den Wafer mit unterschiedlichen Verfahren, denn wir müssen den Reclaimprozess genau auf jede Scheibe anpassen. Natürlich behandeln wir diese Daten streng vertraulich.« Je exakter die Kenntnisse über den Wafer, desto hochwertiger das Ergebnis und desto weniger Silizium wird abgetragen – meist nur wenige Tausendstel Millimeter. Die isiltec GmbH bietet einen Rundum-Service in Sachen Reclaim an und kann in ihrer Reclaim-Fab 200-mm und 300-mm Wafer wieder in unberührte, spiegelnde Siliziumscheiben verwandeln. Das Geschäft läuft: Noch 2004 wird Isiltec einen zweiten Standort zum Reclaim von Wafern in Ilmenau in Betrieb nehmen. Dann allerdings schon unter neuem Dach – die Rockwood Specialties Group Inc. hat isiltec übernommen, um die weltweit steigende Nachfrage nach wieder aufgearbeiteten 300 mm Wafers, bedienen zu können. Kein Wunder: Wieder aufgearbeitete Wafer sind für Test- und Monitorzwecke ebenso tauglich wie neue Siliziumscheiben.

Dr. Hans-Martin Dudenhausen
www.isiltec.com

Automatische Sichtprüfung



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Beyerer, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Informations- und Datenverarbeitung IITB in Karlsruhe

Seit vielen Jahren ist die automatische Sichtprüfung ein Wachstumsmarkt mit zweistelligen Zuwachsraten. Dabei ist das derzeit vorhandene Potenzial an industriellen Applikationen schätzungsweise nur zu 15 bis 20% ausgeschöpft. In

der Zukunft wird die automatische Sichtprüfung in der Produktion die Rolle einer fest etablierten Standardtechnik spielen, die unverzichtbar zur Steigerung von Qualität und Produktivität regelmäßig eingesetzt werden wird. Erfreulicherweise darf hier festgestellt werden, dass Deutschland auf diesem Gebiet technologisch an der Spitze liegt.

Automatische Sichtprüfung ist viel mehr als nur Bildverarbeitung! Der industrielle Einsatz von Sichtprüfungssystemen muss Probleme wirtschaftlich lösen, um Anwendern wirklich nützlich zu sein. Die Aufgabenstellungen sind i.d.R. eingebettet in Produktionsprozesse und stellen eine Vielzahl von Anforderungen hinsichtlich mechanischer Handhabung, Beherrschung von Typenvielfalt, Umgebungsbedingungen, Leistungsvermögen, Leistungsreserven, Flexibilität, Belehrbarkeit, Bedienbarkeit, Robustheit und informationstechnischer Einbindung in den Produktionsprozess. Die erfolgreiche Lösung solcher Aufgaben erfordert also multidisziplinäres Engineering und nicht zuletzt auch ein gutes Verständnis des Produktionsprozesses sowie branchenspezifisches Hintergrundwissen.

Bilddaten sind die Basis

Eine Schlüsselrolle für die Leistungsfähigkeit und -reserven eines Systems zur automatischen Sichtprüfung kommt der Qualität der Bilddaten zu. Die Bilddaten sind die Basis für die Bildverarbeitung und -auswertung im Rechner. Nutzinformation, die bei der Bildakquisition leichtfertig verschenkt wird, lässt sich bei der nachfolgenden Signalverarbeitung nur noch mit großem Aufwand oder gar nicht mehr rekonstruieren und kompensieren.

Die Bildaufnahme ist der entscheidende initiale Schritt für den erfolgreichen Einsatz eines automatischen Sichtprüfungssystems.

Obwohl Aufnahmeszenen bei der Auslegung von Sichtprüfungssystemen eine beachtliche Anzahl geometrischer und optischer Designfreiheitsgrade bieten – z.B. geometrische Konstellation von Kameras, Objekten und Beleuchtungen, Beleuchtungsparameter wie örtliche Intensitätsverteilung, Richtungsverteilung, spektrale Verteilung, Polarisation, Phase, Kohärenz und Zeitverhalten –, bleiben diese oft ungenutzt. Stattdessen begnügt man sich meist mit simpler Beleuchtungstechnik und simpler mechanischer und optischer Ausstattung, im Vertrauen darauf, mit genügend Rechenleistung auch mit zweitklassigen Bildern ein noch akzeptables System schaffen zu können. Hier liegen beachtliche Leistungsreserven brach, die sich nur erschließen lassen, wenn man die Bildgewinnung, ihrer Rolle als Fundament der Sichtprüfung entsprechend, systematisch auslegt und optimiert. Mit Bildern, die zur Lösung einer Aufgabe nur noch weniger einfacher Bildverarbeitungsschritte bedürfen, erreicht man nicht nur schnellere, sondern regelmäßig auch robustere Systeme.

Bei komplexen Problemstellungen kann es notwendig sein, mehr als nur ein Bild der Szene aufzunehmen und auszuwerten. Hier stellt sich zusätzlich die Frage, wie die optischen und geometrischen Bestimmungsstücke der Aufnahmekonstellation zu variieren sind, um sparsame Bildserien mit möglichst hohem Informationsgehalt zu gewinnen. Eine geschlossene Systemtheorie für die Aufnahme von Bildern und insbesondere Bildserien liegt noch nicht vor. Sie wäre ein wichtiges Hilfsmittel für eine umfassende, systematische Planung der Bilddatengewinnung.

Um automatische Sichtprüfung zukünftig auch in Produktionen mit großer Typen- und Variantenvielfalt wirtschaftlich einsetzen zu können, brauchen die Systeme eine ausreichende rechnersteuerbare, reproduzierbare Flexibilität. Derzeit gilt immer noch: Damit eine Sicht-

prüfungsaufgabe im industriellen Umfeld erfolgreich gelöst werden kann, muss die Aufgabenstellung eng begrenzt sein. Industrieroboter, die als Standardkomponenten in ein System integriert werden und, je nach Aufgabenstellung, das Objekt, die Kamera oder/und die Beleuchtung tragen und handhaben können, verleihen dem System eine hohe mechanische Variabilität zur Adaption an wechselnde Prüfobjekte und -aufgaben. Die Flexibilität kann durch ein automatisches Wechselsystem für unterschiedliche Greifer, Bildaufnahmesysteme oder/und Beleuchtungseinrichtungen noch beträchtlich gesteigert werden.

Erst ganzheitliche Betrachtung schöpft das Prüfungspotenzial richtig aus

Einsatztaugliche Verfahren zur Bildsignalverarbeitung und -auswertung müssen durch eingebaute Invarianzen unempfindlich sein gegenüber zulässigen Abweichungen und Störeinflüssen der Objekte und der Aufnahmeszene insgesamt. Hier gilt es einerseits, inhärent robuste Verfahren einzusetzen, die schon vom Ansatz her explizit bestimmte Abweichungen, z. B. Teilverdeckungen, Lageabweichungen usw., ohne wesentliche Leistungseinbußen tolerieren. Andererseits müssen die Verfahren adaptiv sein in dem Sinne, dass ihre Parametrisierung aus den Bilddaten automatisch abgeleitet wird, sodass manuell einzustellende, statische »Tuning Parameter« entfallen können. Auf das komplette System inklusive der Entscheidungsstufe bezogen, ist ein ausreichendes Maß an semi- oder vollautomatischer Lernfähigkeit wünschenswert, mit der nicht nur typbezogen spezifische Parametersätze erlernt und verwaltet, sondern auch die Struktur der Bildauswertungskette angepasst und sogar die steuerbaren Freiheitsgrade der Aufnahmekonstellation flexibel ausgenutzt werden können, um die Bilddatengewinnung typspezifisch für die nachfolgende Auswertung zu optimieren.

Für die automatische Erstellung von Prüfplänen bei komplexen Prüfzenarien sollten vorhandene CAD-Daten berücksichtigt werden; oder aber sollten zukünftige Systeme in der Lage sein, zumindest halbautomatisch eine aufgabenspezifische Exploration der Szene unter systematischer Variation der steuerbaren optischen und geometrischen Freiheitsgrade der Aufnahmekonstellation zu leisten.

Zur vollen Entfaltung des nutzbringenden Potenzials der automatischen Sichtprüfung muss die Wertschöpfungskette einer Produktion als Ganzes betrachtet werden. An jeder ihrer Stationen können Defekte mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten auftreten und verursachen für diese Station charakteristische Kosten. Typischerweise steigen diese Kosten längs der Wertschöpfungskette nicht nur monoton, sondern teilweise dramatisch an. Im schlimmsten Fall verlässt ein Defekt unbemerkt die Produktion, sodass neben monetären Einbußen auch noch Ärger mit dem Kunden und Image-

schädigung drohen. Als Faustregel gilt, Defekte so früh wie möglich innerhalb der Wertschöpfungskette zu erkennen und so eine teure Veredelung von Ausschuss zu vermeiden. Um aber mit automatischen Sichtprüfungsanlagen die maximale Wirkung bei gegebenem Invest zu erzielen, gilt es, ein oder mehrere Systeme dort zum Einsatz zu bringen, wo man mit minimalem Aufwand ein Maximum an Gesamtleistung erzielen kann. Mathematisch heißt das, den Erwartungswert der Defektkosten unter der Nebenbedingung beschränkter Ressourcen für die automatische Sichtprüfung zu minimieren. Nicht überraschend liefert eine verteilte Prüfstrategie mit teilweise erheblich einfacheren Teilsystemen bei gleichem Invest i.d.R. eine deutlich höhere Leistung als der Einsatz eines einzelnen Hochleistungssystems konzentriert an einer Station. Ein einfaches Beispiel mag das illustrieren: Die Leistung eines aufwändigen Systems mit einer Detektionsrate von 99 % kann man theoretisch auch mit zwei einfacheren, verteilten Systemen mit jeweils einer Detektionsrate von 90 % erzielen, wenn deren Prüfung unabhängig erfolgt. Mit drei solchen verteilten, sequenziell prüfenden Systemen ließen sich theoretisch sogar 99,9 % erreichen.

Nicht immer ist es sinnvoll, die Sichtprüfung vollständig zu automatisieren, z.B. dann nicht, wenn die zu prüfenden Objekte sehr wertvoll sind. Automatische Sichtprüfungssysteme können hier als Vorfilter für eine Inspektion durch den Menschen dienen. In diesem Falle wird man das System so empfindlich einstellen, dass man bei hoher Entdeckungsrate eine noch tolerable Falschalarmrate zulässt, sodass mit deutlich weniger Personal die visuelle Sichtprüfung sich ausschließlich auf die vom System als suspekt klassifizierten Objekte konzentrieren kann. Neben dem Rationalisierungseffekt gewinnt man mit dieser Strategie an Prüfsicherheit aufgrund einer doppelten Prüfung erst durch die Maschine und danach durch eine Person.

Eine umfassende, die ganze Wertschöpfungskette berücksichtigende Auslegung eines ggf. verteilten automatischen Sichtprüfungssystems ist eine komplexe Engineering-Aufgabe. Assistenzsysteme, die auf logistischem Abstraktionsniveau Struktur und Kenngrößen des Produktionsprozesses, wie insbesondere Defektkosten und Defektraten sowie Detektions-, Falschalarmraten und die Kosten automatischer Sichtprüfungssysteme berücksichtigen, könnten den Planungsprozess erheblich vereinfachen und verbessern.

Die vorliegende Argumentation zeigt: Erst die ganzheitliche Betrachtung der automatischen Sichtprüfung – von der optimierten Bildaufnahme bis hin zur Suche nach einer die ganze Wertschöpfungskette betrachtenden übergreifenden Systemlösung – erlaubt, ihr volles technisches und ökonomisches Potenzial auszuschöpfen. Damit einhergehende Fragen sind größtenteils nicht ausreichend geklärt und stellen spannende und lohnenswerte Herausforderungen für die Forschung dar.

Spiegel gegen Turbulenzen

Roter Rauch macht die Luftturbulenzen bei einem Testflug sichtbar.

© NASA

Der Luftverkehr nimmt zu. Die Luftstraßen sind schon jetzt überlastet, bei Starts und Landungen kommt es an großen Flughäfen regelmäßig zu Verzögerungen. Ein neuer Sensor, der Turbulenzen aufspürt, soll helfen, den Luftraum besser auszulasten.



Toulouse im Juni 2004. Ein Dutzend Forscher aus ganz Europa ist angereist, um den Jungfernflug eines Sensors mitzuerleben. Die neue Messapparatur zur Bestimmung von Turbulenzen ist an Bord einer Cessna installiert. Ein letzter Check, dann geht das Flugzeug mit dem Piloten und drei Ingenieuren an den Start. Minuten später beginnt das Experiment: In dreitausend Metern Höhe nähert sich die Cessna einem Airbus A340. Er erzeugt die Turbulenzen, die der Sensor messen soll. Airbus und Cessna kommen sich zunächst immer näher und fliegen schließlich dicht nebeneinander her. »Der Formationsflug ist wichtig, um die Geschwindigkeit aufeinander abzustimmen«, erklärt Dr. Thomas Peschel vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF. »Die Fluggeschwindigkeit ist sozusagen die Nulllinie für die Bestimmung der Luftbewegung.« Im nächsten Moment fällt die Cessna hinter den Airbus zurück. Ein Laser, der sein Licht

durch ein eigens dafür konstruiertes Fenster an der Seite der Maschine aussendet, rastert von schräg oben den Luftraum hinter dem Airbus ab. Die Forscher verfolgen das Manöver gespannt. Mithilfe der Messungen werden sie zum ersten Mal von einem Flugzeug aus die Turbulenzen lokalisieren können, die ein Verkehrsflugzeug während des Flugs erzeugt.

Luftwirbel: Unsichtbare Gefahren für den Flugverkehr

Diese »Wirbelschlepe« ist in der Luftfahrt gefürchtet: Die unsichtbaren Walzen und Strudel sind für nachfolgende Flugzeuge extrem gefährlich – sie können eine kleinere Maschine glatt zum Absturz bringen. Die Piloten müssen daher, je nach Größe der beteiligten Flugzeuge, einen Sicherheitsabstand von bis zu sechs Meilen einhalten, das entspricht 11,1 Kilometern. Dieser Abstand ist reichlich bemessen, denn er muss

selbst im Extremfall ausreichen, wenn beispielsweise eine kleine Propeller-Maschine einem Jumbo folgt. »Unser Ziel ist es, die Position und das tatsächliche Ausmaß der Luftwirbel zu messen, dann den Sicherheitsabstand an die tatsächlichen Gegebenheiten anzupassen und entsprechend zu verkürzen. Auf diese Weise könnte man die Start- und Landefrequenzen auf Flughäfen erhöhen und die Wartezeiten verkürzen«, sagt Thomas Peschel.

Um dieses Ziel zu erreichen, hat sich der Physiker mit Kollegen aus acht europäischen Ländern zusammengetan. Gemeinsam arbeiten sie am EU-Projekt I-Wake – die Abkürzung setzt sich zusammen aus den englischen Begriffen »Instrumentation« und »Wake«, also »Wirbelschlepe«. An der Entwicklung des Sensors sind neben dem Team vom IOF Forschergruppen der französischen Thales Avionics, der AIRBUS Deutschland GmbH, der deutschen LISA Laser, der



Durch ein zusätzlich eingebautes Fenster hinter der Tür der Cessna kann ein Laser den Luftraum vor dem Flugzeug abrastern.

© Fraunhofer IOF



Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt DLR, des niederländischen Luft- und Raumfahrtlaboratoriums NLR, der Universität Hamburg sowie der belgischen Université Catholique de Louvain beteiligt. Das Ergebnis der zweijährigen Zusammenarbeit ist der Prototyp des Messgeräts, das unlängst in Toulouse seinen ersten Praxistest bestand. »Wir sind mit dem Ergebnis sehr zufrieden«, resümiert Peschel. »Die Messungen haben gezeigt, dass die Technik funktioniert.«

Ein Laserauge erkennt Wirbel und Luftlöcher

Das Messprinzip des Wirbelschleppen-Sensors ist relativ einfach: Ein Laser, der in einer Messkammer hinter dem Fenster der Cessna montiert ist, schickt Lichtpulse in den Luftraum vor dem Flugzeug. Dort wird das Licht an Aerosolen oder Staubteilchen gestreut. Ein Teil des Lichts wird zurückreflektiert zum Messgerät und von einem Detektor registriert. »Durch den Vergleich der Frequenzen des ausgehenden mit denen des eingehenden Laserstrahls lässt sich die Frequenzverschiebung errechnen. Diese gibt Aufschluss über die Bewegung der Aerosole und damit der Luft«, erklärt Peschel.

Die technische Umsetzung dieses Messprinzips in ein fertiges Gerät entpuppte sich als vergleichsweise schwierig, weil der Laserstrahl den Luftraum vor dem Flugzeug in einer relativ hohen Frequenz abrastern muss. »Man braucht für die Messapparatur einen relativ großen und steifen Hochpräzisionspiegel mit einer Kantenlänge von 11 mal 15 Zentimetern, der sich in einer Sekunde siebeneinhalb Mal hin- und herbewegt«, so Peschel. »Die Kombination aus extremer Oberflächenqualität, großer Spiegelfläche und hoher Geschwindigkeit ist mit herkömmlichen, massiven Spiegeln nicht realisierbar, da die auftretenden Beschleunigungen Trägheitskräfte hervorrufen, die die optisch wirksame Fläche verbiegen.«

Die Lösung der Fraunhofer-Ingenieure lautete: abspecken. Ein leichter und steifer Spiegel aus Aluminium wurde durchlöchert: Die Bohrungen beeinträchtigen die optischen Eigenschaften nicht, denn sie verlaufen im Inneren, parallel zur Oberfläche. Die Rückseite bleibt als geschlossene Fläche zur Versteifung erhalten. Durch die Bohrungen wurde das Gewicht des Spiegels um stolze sechzig Prozent reduziert. »Auf diese Weise können wir einen Scanner-Spiegel herstellen, der die gewünschte optische Qualität und Steifigkeit liefert, gleichzeitig aber auch

schnell beschleunigt und abgebremst werden kann«, resümiert Peschel. Dieser Spiegel, der sich jetzt im Inneren des I-Wake-Messgeräts mit rasender Geschwindigkeit hin- und herbewegt, schickt Laserpulse durch das Fenster ins Freie. Treffen die Lichtpulse in dem durchmusterten Luftraum auf Turbulenzen, so verändert sich ihre Frequenz. Die Ursache dieser Frequenzverschiebung ist der Dopplereffekt: Wird das Licht an einem Staubteilchen gebrochen, so ist der reflektierte Strahl kurzwelliger, wenn sich das Staubteilchen auf den Strahl zu bewegt, und langwelliger, wenn es sich vom Strahl weg bewegt – ähnlich wie eine Polizeisirene heller klingt, wenn das Einsatzfahrzeug näher kommt und tiefer, wenn es von uns weg fährt. Beim Wirbelschleppensensor wird das reflektierte Licht von dem schwingenden Spiegel wieder aufgefangen und an einen Detektor weitergeleitet. Aus der Verschiebung der Wellenlänge des gestreuten Laserlichts kann eine Software innerhalb von Sekundenbruchteilen ein Geschwindigkeitsprofil entlang des Laserstrahls errechnen und daraus auf Turbulenzen und Luftlöcher schließen.

Die Technik hat in Toulouse die Bewährungsprobe bestanden. Für die I-Wake-Forscher ist das ein toller Erfolg, aber auch der Beginn harter ingenieurtechnischer Knochenarbeit: Um aus dem Prototypen ein Messgerät zu machen, das für den Einsatz an Bord einer Linienmaschine taugt, muss der optische Scanner verkleinert und die Software optimiert werden. Die Wissenschaftler bei der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt DLR in Oberpfaffenhofen werten jetzt die Protokolle des Jungfernflugs aus und arbeiten an der Weiterentwicklung der Software. Das fertige System soll am Ende automatisch Turbulenzen erkennen und entsprechende Warnungen aussprechen.

In fünf bis zehn Jahren soll der I-Wake-Sensor im täglichen Flugverkehr eingesetzt werden. Dann lassen sich die bisher starren Sicherheitsabstände bedarfsgerecht verkürzen und lange Wartezeiten auf dem Rollfeld einsparen. Ganz nebenbei könnte die Messtechnik auch den Service an Bord verbessern: Ein rechtzeitiger Hinweis, dass die Maschine gleich in ein Luftloch sackt, gäbe den Passagieren die Chance, ihren Kaffee auszutrinken, bevor er aus der Tasse schwappt – der Sensor registriert nämlich nicht nur Wirbelschleppen, sondern Luftturbulenzen jeder Art.

Monika Weiner

Knick in der Optik

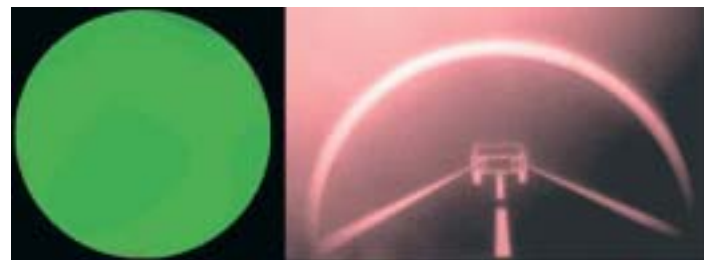
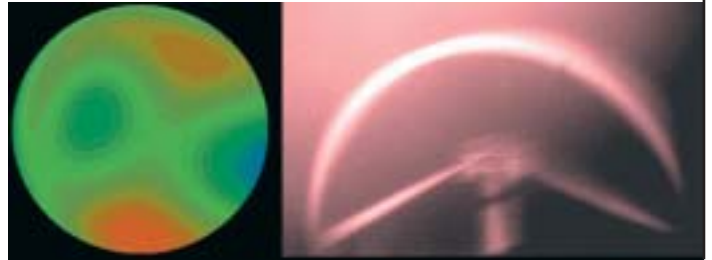
Jeder tausendste Mensch sieht perfekt. Die restlichen 999 haben – physikalisch ausgedrückt – eine fehlerhafte Optik. Das zeigt die Wellenfronttechnik. Ursprünglich wurde sie für Teleskopaufnahmen aus dem All entwickelt, inzwischen nutzen Laserchirurgen sie, um Abbildungsfehler des menschlichen Auges hochaufgelöst zu diagnostizieren und durch Laseroperationen individuell zu beheben.

Der Patient nimmt die Brille ab. Sofort verschwimmt die Umgebung vor seinen Augen. »Und nun blicken sie bitte hier durch.« Der Augenarzt weist auf ein Gerät vor dem Patienten. »So werden Sie – wenn alles klappt – nach ihrer Laseroperation sehen.« Was der Patient nun sieht, ist ein perfekt scharfes Bild. Sensoren detektieren kleinste Abbildungsfehler seiner Augen, eine anpassungsfähige Optik korrigiert sie individuell. Neben klassischen Sehfehlern wie Weit-, Kurzsichtigkeit und Astigmatismus, erfasst und korrigiert das System auch höhere, komplexere Formen der Fehlsichtigkeit. Das sind Fehler, die häufig erst in der Dämmerung wirksam werden, wenn die Pupille sich nahezu auf den doppelten Durchmesser weitet. Oder sehr asymmetrische Defekte, die durch symmetrisch geschliffene Linsen nur im Mittel korrigierbar sind. Die Technik, die das möglich macht, heißt Wellenfrontkorrektur. In der Astronomie wird sie schon seit Jahrzehnten eingesetzt. Als Hilfsmittel für die Laserchirurgie am Auge erproben Mediziner sie derzeit. Sie wollen mit ihr bereits vor einer Operation prüfen, wie Patienten nachher mit der neuen, dann nicht mehr veränderbaren Optik zurecht kommen – und ihre Operation daraufhin optimieren.

Astronomen nutzen die Wellenfrontkorrektur in terrestrischen Teleskopen seit gut

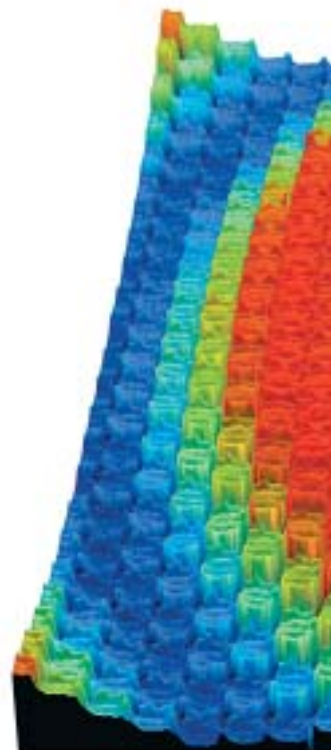


Wellenfrontkorrektur am menschlichen Auge. Testbilder ohne und mit Mikrospiegel-Korrektur.
© Fraunhofer IPMS



dreißig Jahren, um schärfere Bilder aus dem All zu erhalten. Denn das Licht der Himmelskörper durchquert auf seinem Weg zur Erde verschiedene turbulente Luftschichten, die es auf vielfältige Weise brechen. Ursprünglich ebene Wellenfronten werden dadurch verkrümmt – eine punktförmige Lichtquelle erscheint danach als verschwommener Fleck. Mit speziellen Sensoren können Astronomen diese Verzerrungen messen. Um sie dann zu korrigieren, bilden sie den Verlauf der Krümmung mit einer Anordnung höhenverstellbarer Spiegel nach und lenken die Lichtwellen darauf. Nach der Reflexion sind dadurch alle Wellenabschnitte wieder im Gleichtakt und die Verzerrung ist kompensiert.

Forscher des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden haben dieses Korrekturprinzip nun auch für das menschliche Auge nutzbar gemacht. Denn auch Fehlsichtigkeiten beim Menschen gehen auf gestörte Lichtwellenfronten zurück. Fehler in Hornhaut, Linse und Glaskörper verursachen die Verzerrungen. »Um eine möglichst hohe Auflösung der



Abbildungsfehler des Auges zu erreichen, haben wir die Spiegelsegmentierung erheblich verfeinert und gleichzeitig die Größe der Spiegel reduziert«, erklärt Dr. Andreas Gehner vom IPMS. In der Astronomie haben die Spiegelflächen Durchmesser von bis zu einem Meter. Dazu kommt jeweils noch eine Steuerung etwa in der Größe eines Kühlschranks. Das IPMS hingegen hat mithilfe der Halbleitertechnik einen Chip entwickelt, auf dem sich knapp 50 000 Spiegel auf einem Quadratzentimeter drängen. Jeder der quadratischen Aluminiumreflektoren hat eine Kantenlänge von 40 Mikrometern – gerade mal der halbe Durchmesser eines menschlichen Haars. Über eine Schaltung an ihrer Unterseite lassen sie sich individuell ansteuern. »Abhängig von der dort angelegten Spannung können wir die Spiegel bis zu 400 Nanometer tief absenken«, sagt Gehner. »Da das Licht reflektiert wird, können wir so bis zu 800 Nanometer Phasenunterschied korrigieren. Das reicht für den gesamten Bereich des sichtbaren Lichts.« Die Spiegel sind nicht nur kleiner, sondern auch um Größenordnungen preiswerter als in der Weltraumtechnik, wo ein Korrektursystem bis zu 100 000 Euro kostet.

Zurzeit testet der Entwicklungspartner 20/10 Perfect Vision in Heidelberg den Chip. Das Unternehmen erweitert damit Geräte aus seinem Sortiment, die bereits die Sensortechnik zur Wellenfrontmessung

enthalten. Diese wird schon seit einigen Jahren in der Laserchirurgie eingesetzt, denn sie hat Vorteile gegenüber herkömmlichen Diagnosemethoden: Zum einen ist sie objektiv. Klassische Untersuchungen sind subjektiv. Jeder Brillenträger kennt das Spiel: Der Augenarzt projiziert Buchstabenreihen an die Wand. In jeder Reihe werden die Lettern kleiner und unleserlicher. Schiebt der Arzt die richtigen Korrekturlinsen vors Auge, formen sich aus den schummrigen Punkten plötzlich filigrane Buchstaben. Doch ob man mit 3,5 oder doch eher mit 4 Dioptrien besser sehen kann, ist nicht immer leicht zu entscheiden. Zum anderen ermöglicht die Wellenfronttechnik eine individuelle und viel genauere Diagnose. Sie erfasst auf einige Mikrometer exakt die Abbildungsfehler von Hornhaut und Linse. »Man bekommt dadurch eine Art Landkarte der Fehlsichtigkeit«, so Dr. Frieder Lösel, Geschäftsführer von 20/10 Perfect Vision.

Mit den Daten aus dieser Landkarte lässt sich die folgende Laseroperation individuell für jeden Patienten planen. Einige Mediziner haben ihren Laser sogar direkt mit der Datenerfassung gekoppelt und steuern so, wie viel Hornhaut er an welcher Stelle abträgt. Speisen sie die Daten nun vor der Operation in das Mikrospiegelarray, können sie Patienten erstmals auch zeigen, wie sich ihr Sehvermögen durch den Eingriff ändert.

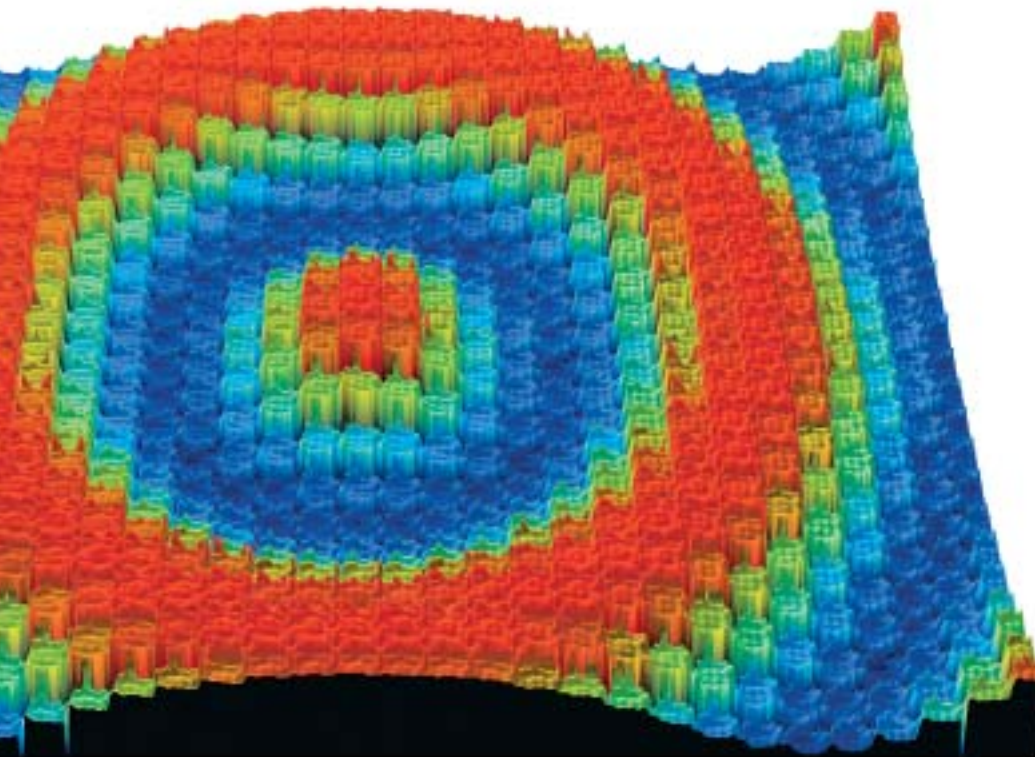
»Das ist mit einem Brillenglas nicht möglich, da es das Sehen nicht individualisiert korrigieren kann«, so Lösel. Entscheidend ist vor allem, wie der Patient die neue Optik annimmt, da eine Laserbehandlung der Hornhaut nicht reversibel ist. Das Sehen wird jedoch nicht nur durch die Hornhaut bestimmt. »Dahinter liegt auch noch die Netzhaut und die neurophysiologische Umsetzung des Gesehenen«, betont Lösel. Nicht jeder Patient empfindet eventuell eine perfekte Optik sofort als angenehm, da sich möglicherweise sein Gehirn über die Jahre daran gewöhnt hat, bestimmte Abbildungsfehler auszugleichen. Der Arzt kann das mithilfe der Mikrospiegel bereits im Vorfeld feststellen und seine Operation darauf anpassen. Die Mediziner können über die Spiegeltechnik zudem ihre Wellenfrontmessung kontrollieren. »Sieht der Patient eindeutig schlechter, war die Messung möglicherweise fehlerhaft«, sagt Lösel.

Forscher arbeiten auch daran, mit dem Mikrospiegelarray die Strahlqualität von Lasern zu verbessern. So ließen sich Laserpulse räumlich und zeitlich nachkorrigieren und damit zum Beispiel in der Laserchirurgie exakter operieren. Die Augenheilkunde ist aber nicht das einzige medizinische Anwendungsgebiet für die Mikrospiegel. »Biologen und Mediziner, die durch Gewebeschichten mikroskopieren, interessieren sich ebenfalls für die hochauflösende Korrektur. Denn die im Gewebe auftretenden Schwankungen des Brechungsindex beeinträchtigen bei diesen Aufnahmen ebenso die Abbildung«, weiß Gehner. Das gleiche gilt für endoskopische Untersuchungen und Eingriffe. Auch aus anderen Fachgebieten haben bereits Forscher angefragt: So sind geschärfte Laserpulse auch für die optische Freistrahldatenübertragung interessant. Modulierte Laserstrahlen sollen in Zukunft einmal Informationen über lange Strecken durch die Luft transportieren. Mit der Wellenfrontkorrektur lassen sich klare Pulse senden und Datenverluste durch Verzerrungen, die durch Luftschichten verursacht werden, vermeiden. »Wir haben nun erstmals Mikrospiegelarrays zur Verfügung, die eine sehr hohe Ortsauflösung ermöglichen. Damit öffnet sich ein großes Anwendungsfeld weit über die Medizintechnik hinaus«, erwartet Gehner.

Barbara Witthuhn

Jeder Mikrospiegel lässt sich individuell absenken.

© Fraunhofer IPMS





Chief Executive
Officer CEO Helmut
Frankenberger.
© LEYBOLD OPTICS

Dünne Schichten, dicker Fortschritt

Vakuumbasierte Beschichtungstechniken dringen in immer neue Anwendungsfelder vor. Die Spezialisten von LEYBOLD OPTICS konzipieren und bauen Anlagen, die sich nahtlos in Fertigungsumgebungen integrieren lassen. Bei komplexen Fragen sind Fraunhofer-Forscher zur Stelle.

Wie kaum ein anderes Unternehmen beherrscht LEYBOLD OPTICS verschiedene Verfahren zum Aufdampfen oder gasförmigen Plasmabeschichten von Formteilen, Designerobjekten oder Folien. Das Vakuumbeschichten ist gegenüber herkömmlichen Methoden kostengünstiger und erzeugt Materialeffekte, die es bisher nicht gab oder nur mit sehr teuren Materialien zu realisieren waren. Die kratzfeste Antireflexbeschichtung von Kunststoffbrillengläsern beispielsweise hat den Durchbruch mit hochpräziser Vakuumbeschichtungstechnik aus dem Hause Leybold geschafft. Eben-

Seit vielen Jahren schätzen die Leybold-Entwickler das Forschungs- und Dienstleistungsangebot der Fraunhofer-Gesellschaft. Die Kontakte zu den Wissenschaftlern wurden zu einer Zeit geknüpft, als LEYBOLD OPTICS noch eine kleine Entwicklungsabteilung der Leybold-Heraeus GmbH in Hanau war. Schon damals ging es um die Beherrschung von Vakuum- und Dünnschichtverfahren für den industriellen Einsatz. Die Herstellung von hauchdünnen Schichten aus meist anorganischen Stoffen steckte indes noch in den Kinderschuhen. Es war weitgehend unbekannt, wie man mit einem Elektronenstrahl in einer Plasma-Beschichtungsanlage unterschiedliche Materialkombinationen gezielt verdampft und auf ein Trägersubstrat lenkt. »Ständig wurden verschiedene Beschichtungstechniken analysiert, um die Oberflächeneigenschaften von Glas, Kunststoff und anderen Trägermaterialien zu beeinflussen«, beschreibt Frankenberger den Entwickleralltag der Vakuumspezialisten.



so erhalten viele Präzisionslinsen für Kameras und Mikroskope ihren letzten »Schliff« in Dünnschichtanlagen aus Bayern. »Wir sind seit jeher eng mit technologischen Meilensteinen der Optik verbunden«, sagt Helmut Frankenberger, Chief Executive Officer (CEO) von LEYBOLD OPTICS.

Kontinuierliche Weiterentwicklung zahlt sich aus. Während in den letzten 30 Jahren die Kapitaleigner der Firma häufig wechselten – zeitweise war nach der Degussa die Oerlikon-Bührle Alleineigentümerin der Leybold Firmengruppe –, wurde das Know-how zur Herstellung von Vakuumanlagen für optische wirksame Schichten kontinuierlich weiterentwickelt. Die Zusammenarbeit mit Fraunhofer-Wissenschaftlern spielt bis heute vor allem bei komplexen Beschichtungsfragen eine entschei-

dende Rolle: »In vielen Bereichen ist es unmöglich, die spezifische Fachkompetenz in der ganzen Tiefe im eigenen Haus vorzuhalten«, betont Frankenberger. Ein gutes Beispiel ist das Beschichten von Kunststoff im Hochvakuum. Dazu benötigt man eine Aufdampftechnik mit Plasma- und Ionenquellen. Der entscheidende Dreh sind Prozessabläufe bei möglichst niederen Temperaturen – eine Aufgabe, für die das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF die richtigen Lösungswege kennt.

Zielstrebiges Ausbau der Verfahrenspalette

Seit vier Jahren agiert LEYBOLD OPTICS unter dem Dach der schwedischen Industriellenfamilie Wallenberg. Der zielstrebige Ausbau der Verfahrenspalette und die innovativen Produktionskonzepte haben das mittelständische Unternehmen zu einer der ersten Adressen für Beschichtungstechniken in Europa sowie in Fernost und den USA gemacht. Anlagen aus Alzenau eilt mittlerweile der Ruf eines sehr flexiblen und innovativen Automatisierungskonzepts voraus, das hinter jeder Anwendung steckt. So lassen sich vorhandene Produktionsanlagen mit mehreren Beschichtungsstationen verketteten, die Werkstücke in der gewünschten Weise behandeln und automatisch von einer Station zur nächsten weiterreichen. Das senkt die Betriebskosten und erweitert die Angebotspalette. Es ist keine Hexerei mehr, mit modular aufgebauten Inline-Anlagen aus unscheinbaren Substraten hochwertige Endprodukte zu fabrizieren.

So zählt heute das Aufdampfen von Materialkombinationen mit Elektronenstrahlen auf feste oder flexible Substrate zu den zuverlässigen Standardverfahren, die sehr häufig auch bei Großserienbeschichtungen eingesetzt werden. Wollen Anwender sehr kompakte Schichten erzeugen, deren Qualität auch bei höheren Abscheidungsraten erhalten bleibt, setzen sie Plasma- oder Ionenquellen ein. Eine besonders leistungsfähige Variante, die so genannte Advanced Plasma Source (APS), hat LEYBOLD OPTICS entwickelt.

Aus dem großen Vorrat an Beschichtungstechnologien realisiert LEYBOLD OPTICS Produktionslösungen für sehr unterschiedliche Märkte, die von der klassischen optischen Industrie, zu Glasfaser-Telekommunikation und Handy, Brillengläsern, Automobilscheinwerfern, Folien-Kondensatoren und Lebensmittelverpackungen reichen. Um den verschiedenen Kundenanforderungen gerecht zu werden, ist die Firma in bisher fünf Geschäftsbereiche organisiert. Allen Bereichen gemeinsam ist die Philosophie der kompletten Beschichtungslösung inklusive produktionsfertigem Beschichtungsprozess. Dies unterscheidet LEYBOLD OPTICS deutlich von anderen Anbietern, die bis auf sehr wenige Ausnahmen reinen Anlagenbau betreiben. »Die Entwicklung einer innovativen und leistungsfähigen Beschichtungslösung beruht bei uns auf einer Kombination von maßgeschneiderter Anlagentechnologie und der genauen Kenntnis der Material- und Schichteigenschaften«, sagt Dr. Michael Sander, Leiter des Geschäfts-

bereichs für präzisionsoptische Beschichtungslösungen (P&T). Ein Konzept, das ins Schwarze trifft, denn das Unternehmen konnte seine Marktposition kontinuierlich ausbauen.

Neue Geschäftsfelder im Visier

Dem internationalen Wettbewerbsdruck stellt sich die LEYBOLD OPTICS mit großer Innovationskraft. Eine ihrer Stärken liegt darin, alle wichtigen Dünnschichtverfahren zu beherrschen und die Grundlagenkompetenz seit Jahren gesichert zu haben. Die Firma genießt bei Branchenkennern ein hohes Ansehen und scheut auch nicht vor neuem Marktterrain zurück: Das zukunfts-trächtige Geschäftsfeld heißt Displays und betrifft die Beschichtung aktiv angesteuerter Flüssigkristall- und Plasmabildschirme.

»Die Displayhersteller suchen nach besseren Fertigungsverfahren und ökonomischeren Abscheidetechniken für die verschiedenen Schichten«, verrät Frankenberger. Gefragt sind transparente, leitfähige Elektroden, Metalle und Dielektrika, die mittels Sputtertechnik und PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) aufgetragen werden. Ebenso steht eine neue Generation an Computer- und Fernsehmonitoren in den Startlöchern, die statt herkömmlicher Glassubstrate organische Leuchtdioden – so genannte Organic Light Emitting Device (OLED) – enthalten. Das Verdampfen von organischen Verbindungen ist für den industriellen Einsatz bis dato eine sehr schwierige Angelegenheit. Das könnte sich in Zukunft mit Unterstützung der Fraunhofer-Forscher ändern: »Wir sehen darin einen wichtigen Markt und setzen weiterhin auf die gute Zusammenarbeit«, unterstreicht Frankenberger.

Andreas Beuthner



LEYBOLD OPTICS GmbH

Siemensstraße 88
63755 Alzenau
Postfach 1434
63749 Alzenau
Telefon: +49 (0) 60 23/5 00-0
Telefax: +49 (0) 60 23/5 00-1 50
www.leyboldoptics.com

Gründung: 2000

Mitarbeiter: 391

Umsatz: 102 Millionen Euro

Produkte: Beschichtungsanlagen für die Bereiche Telekom, Präzisionsoptik, Medizintechnik, Brillengläser und Linsen, Automobilzulieferer- und Kunststoffindustrie, Folienbeschichtung sowie für Displayanwendungen.

3-Liter-Häuser für jeden Geschmack

Deutschland hat sich nach dem Kyoto-Protokoll verpflichtet, bis zum Jahr 2010 die Treibhausgas-Emissionen um 21 Prozent zu senken. Industrie und Kraftfahrzeuge haben den Schadstoffausstoß bereits drastisch reduziert. Bei den Privathaushalten sehen Politiker und Experten noch Einsparpotenzial. Nach dem 3-Liter-Auto kommt nun das 3-Liter-Haus.

Tropft es nur oder gibt es gleich eine Überschwemmung? Neun Wochen lang mussten in Bayern zwei Kubikmeter große Eisblöcke in kleinen wärmegeprägten Holzhäusern ohne weitere Kühlung Sonne, Wind und Wetter trotzen. Die Verbände des Bayerischen Zimmerer- und Holzbaugewerbes hatten zu einer Eisblockwette aufgerufen. Die Eisblöcke standen in 17 bayerischen Städten und in Innsbruck in Baumärkten, Schulen oder Kindergärten. Die Aktion wurde ein großer Erfolg. Knapp 70 000 Menschen versuchten per Stimmkarte oder Internet zu tippen, wie viel Prozent des Eises die Zeit zwischen dem 27. März und 1. Juni unbeschadet überstehen werden. Die spektakuläre Aktion stand unter der Schirmherrschaft von Wirtschaftsminister Otto Wiesheu und wurde von Wissenschaftlern des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP begleitet. Am 5. Juni, dem Tag der Enthüllung, dann die große Überraschung: Im Schnitt waren 83 Prozent des Eises übrig geblieben. Die Veranstalter haben ihr Ziel erreicht. Sie konnten mit der Eisblockwette zeigen, dass gut gedämmte Holzhäuser die Wärme oder Kälte gut halten. Institutsleiter Klaus Sedlbauer vom IBP sieht durch diese Aktion die Leistungsfähigkeit des energie-effizienten Bauens in Deutschland bestätigt.



sobic.de

»Den ersten Anstoß zum Energiesparen lieferten die Ölkrisen der 70er-Jahre. Durch die kontinuierliche Fortschreibung der auf



Die Ultra-Niedrigenergiehäuser in Celle überzeugen auch langfristig mit ihrer Energiebilanz
© Fraunhofer IBP

dem Energieeinspargesetz aufbauenden Verordnungen konnte der Energieverbrauch bei Neubauten um bis zu 80 Prozent reduziert werden. Allein die Energieeinsparverordnung von 2001 sorgte für einen Rückgang um 30 Prozent«, sagt Erhorn vom IBP. Das Institut hat die Entwicklung von Niedrig- und Null-Heizenergiehäusern von Beginn an begleitet. Ein Meilenstein war die 3-Liter-Haus-Siedlung in Celle. In dem einzigartigen Demonstrationsprojekt entstanden im Mai 2000 elf verschiedene Ultra-Niedrigenergie-Haus-Konzepte. An dem Bauvorhaben, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit gefördert wurde, waren über 40 Industriepartner beteiligt. Arbeitsgruppen aus Architekten, Fachingenieuren und Bauphysikern des IBP entwickelten getrennt und in Konkurrenz zueinander verschiedenen Gebäudekonzepte, die von einem Bauträger umgesetzt wurden.

Der richtige Haustyp für jeden Bauherrn

»Vier Komponenten bilden die Basis für ein 3-Liter-Haus: Wärmeschutz, Solarthermie, Lüftungstechnik und hocheffiziente Wärmeerzeugung«, erklärt der Wissenschaftler. »Für ein Ultra-Niedrigenergiehaus muss man mindestens zwei Systeme koppeln.« Je nachdem, ob der Bauherr eher zu technischen oder zu konventionellen Lösungen tendiert, sind heute alle Varianten denkbar. In Celle entstanden damals sechs verschiedene Haustypen: Zum Beispiel das Massiv-



Aktiv-Haus, ein kompaktes Doppelhaus in energieoptimierter Ziegelbauweise mit solar unterstützter Heizung, eine Stadtvilla in Holzständerbauweise und ein Passiv-Haus.



3-Liter-Haus.com

»In Celle haben wir als wissenschaftlicher Gesamtkoordinator die einzelnen Arbeitsgruppen bei der energetischen Optimierung beraten«, sagt Erhorn. »Anschließend wurden in den realisierten Objekten Messsysteme installiert, und wir haben über zwei Jahre die Energiebilanz der bewohnten Häuser gemessen. Der ursprünglich angestrebte Energieverbrauch von drei Litern Heizöl pro Jahr und Quadratmeter wird auch auf Dauer nicht überschritten.« Zum Vergleich: Der durchschnittliche Verbrauch aller Wohngebäude liegt in Deutschland bei 20 bis 24 Litern pro Quadratmeter. Neubauten in konventioneller Bauweise benötigen je nach Größe immer noch rund 10 Liter. Mit dem Projekt in Celle hat sich gezeigt, dass mit unterschiedlichen Gebäudekonzepten minimaler Energieverbrauch ohne bedeutende Mehrkosten und ohne Komforteinbußen möglich ist. »Niedrigenergiehäuser sind inzwischen zum Baustandard geworden. Die Haushersteller haben die neuen Konzepte voll übernommen. Der vom IBP geschützte Markenname »3-Liter-Haus« hat sich zum Qualitätssiegel im Bauwesen etabliert.«

Zwei Varianten führen derzeit den Markt an: Gedämmte Fertighäuser in Holzständerbauweise, wie sie etwa in Mini-Ausgabe auch in der Eisblockwette verwendet wurden, und hocheffiziente Ziegelhäuser. »Ziegelhäuser kommen wie bisher auch ohne konventionelle Dämmung aus«, erläutert Er-

horn. »Das Besondere an den neuen Ziegeln ist die Lochgeometrie und die fortschrittliche Produktionstechnik. Durch Lufteinschlüsse erreicht man deutlich bessere Wärmeschutz-Kennzahlen als bisher. Je nachdem, wie energieeffizient die Fenster ausgeführt sind, kommt man mit 30- oder 36,5-Zentimeter dicken Ziegelwänden aus, um ein 3-Liter-Haus umzusetzen.« Die neuen Ziegel bestanden ihren ersten Praxistest in Ulm. Hier hatten die IBP-Experten einen Bauträger bei der Entwicklung eines 3-Liter-Haus-Energiekonzepts für Doppelhäuser unterstützt. Die Ö.KOM.MOD-Häuser unterschreiten beim Primärenergiebedarf die Werte der Energieeinsparverordnung um mehr als 50 Prozent. Das Projekt wurde mit dem Bauherrenpreis 2004 ausgezeichnet.

Ab 2006: Auch Kühlung und Beleuchtung werden bewertet

Der langjährige Leiter des IBP, Prof. Karl Gertis, hat in den vergangenen Jahrzehnten wichtige Grundlagen für das energieeffiziente Bauen gelegt. Diese erfolgreiche Arbeit wollen seine Nachfolger, Prof. Gerd Hauser und Prof. Klaus Sedlbauer fortfüh-

ren. Außerdem wollen sie die nationale und internationale Ausrichtung des Instituts weiter ausbauen. Auf Erhorn und seine Mitarbeiter warten wichtige Aufgaben. Für das Bundesbauministerium sollen sie die Umsetzung wesentlicher Teile der neuen Energiesparverordnung koordinieren. Die neue Richtlinie wird 2006 auf europäischer Ebene in Kraft treten. Künftig sollen neben Wärmeschutz und Heiztechnik auch die Energieeffizienz von Kühlung und Beleuchtung mit bewertet werden. »Im Sommer werden Kühlgeräte zunehmend zum Problem«, so die Erfahrung des für den Wär-

meschutz im DiN zuständigen Experten Prof. Hauser. Hier gilt es, neue Strategien wie zum Beispiel Kühlung durch Nachtlüftung weiter zu entwickeln. Und auch bei der Beleuchtung ist erhebliches Einsparpotenzial vorhanden. »Wir messen und bewerten dazu im Institutsteil Holzkirchen im Freiland entsprechende Gesamtkonzepte. Gleichzeitig fassen wir die Einflüsse verschiedener Strategien für die Planer zusammen.« Auf internationaler Ebene arbeiten die IBP-Wissenschaftler um Erhorn derzeit in einem EU-Projekt mit 25 Partnern aus neun Ländern daran, die Potenziale der

IBP-Forscher testen derzeit die Zuverlässigkeit hocheffizienter Vakuum-Dämmstoffe an einem Kirchengebäude in Ulm.
© Fraunhofer IBP



Doppelspitze am Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Die Professoren **Dr.-Ing. Gerd Hauser** und **Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer** leiten seit Ende März 2004 das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP gemeinsam.

Hauser kennt das Institut bereits aus früheren Jahren, da er dort als wissenschaftlicher Mitarbeiter nach seinem Studium des Maschinenbaus an der Technischen Universität München arbeitete. Anschließend war er als Oberingenieur an der Universität Essen tätig, bis er 1983 die Professur für Bauphysik an der Universität Kassel übernahm. Prof. Hauser wurde neben der Institutsleitung zum Ordinarius für Bauphysik an der Technischen Universität München berufen und richtet dort einen neuen Lehrstuhl ein. Er ist Vorsitzender der Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung, des Fachverbands Luftdichtheit im Bauwesen und des Zentrums für Umweltbewusstes Bauen. Daneben ist er in Normungsaktivitäten eingebunden, so insbesondere in die Obmannschaft des Hauptausschusses »Wärmeschutz im Bauwesen«.

Sedlbauer leitet seit November 2003 das Fraunhofer IBP. Gleichzeitig wurde er zum Ordinarius des Lehrstuhls für Bauphysik der Universität Stuttgart berufen. Der 1965 in Tegernsee geborene Sedlbauer studierte an der Ludwigs-Maximilians-Universität in München Physik. Der Vater von zwei Kindern war mehrere Jahre an beiden Standorten – Stuttgart und Holzkirchen – tätig und beschäftigte sich intensiv mit den Themen Energie, Ökobilanzierung, Produktentwicklung, Hygrothermik und Raumklima. Von 1999 bis 2003 war Sedlbauer stellvertretender Institutsleiter des IBP Holzkirchen und zuletzt Professor an der Fachhochschule Rosenheim. In dieser Zeit gelang es ihm, das Themenfeld Biologie im Bau- und Materialsektor als festen Bestandteil der bauphysikalischen Forschungslandschaft im Fraunhofer-Institut zu etablieren. Seit 2003 ist Sedlbauer Mitglied der Innenraumluftkommission des Umweltbundesamtes.

energieeffizienten Sanierung von Altbauten besser ins Bewusstsein der Bevölkerung zu bringen. Dazu wird insbesondere der Energiepass, den Prof. Hauser bereits 1989 entwickelte, beitragen, der ab 2006 obligatorisch eingeführt wird.

Die energieeffiziente Sanierung alter Gebäude ist in Deutschland vor allem für Wohnungsbaugesellschaften interessant, die ihre Altbaubestände renovieren wollen. »Unsere Konzepte für Neubauten können auch in Altbauten umgesetzt werden. Durch gezielte ganzheitliche Planungen bei der Sanierung lassen sich die Heizkosten deutlich reduzieren. Das kommt sowohl den Eigentümern als auch den Mietern zugute«, weiß Erhorn. Ein weiteres wichtiges Thema für die IBP-Forscher sind künftige Bausysteme. Mit neuen Materialien könnte der Energieverbrauch ebenfalls gesenkt werden. Die Wissenschaftler testen derzeit in Ulm die Zuverlässigkeit hocheffizienter Vakuum-Dämmsysteme an einem Kirchengebäude in der Praxis. »Wenn das Vakuum im System dauerhaft gesichert bleibt, könnte mit dieser Dämmtechnik das serienreife Nullenergiehaus zum Nachfolger des 3-Liter-Hauses werden«, sagt der Wissenschaftler.

Isolde Rötzer

Lichtblitze im Pikosekundentakt



Das Herunterladen einer kompletten CD aus einem virtuellen Plattenladen oder das Versenden digitaler Urlaubsbilder via E-Mail an Freunde gehört heute schon fast zum Alltag. Kein Wunder also, dass sich das Datenaufkommen im Internet drastisch erhöht hat. Superschnelle Glasfasernetze sollen auch in Zukunft für einen zügigen Datenverkehr sorgen. Eine wichtige Komponente hierfür sind Puls laserchips.

Die Laser, die Ronald Kaiser mit seinem Projektteam am Berliner Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut HHI baut, sind winzig klein. Kleiner als das »i« in diesem Satz. Dennoch sind sie wahre Hochleistungsbauteile. Pro Sekunde erzeugen die winzigen Lichtmaschinnen 40 Milliarden Lichtblitze. Lichtblitze, die für die Übertragung von Informationen im superschnellen Glasfasernetz der Zukunft benötigt werden. Als technischer Leiter ist Dr. Kaiser für die Entwicklung der Puls laserchips zuständig. Die bestehen ähnlich wie handelsübliche Computerchips aus Halbleitermaterial, dem hauchfeine elektrische und optische Strukturen aufgeprägt werden. Anders als die klassischen Mikroprozessoren ist die Grundsubstanz des Lasers aber nicht Silizium, sondern Indiumphosphid. Denn Silizium gibt kein Licht ab. Indiumphosphid hingegen leuchtet im Infrarot-Licht, wenn ein elektrischer Strom angelegt wird – vorzugsweise mit einer Wellenlänge von etwa 1,5 Mikrometern. Und das wird in Glasfaserkabeln am wenigsten geschwächt.

Nachrichten sausen in Form kurzer Infrarot-Blitze durch die Glasfasernetze der Welt. Je

schneller diese Blitze aufeinander folgen und je kürzer ihre zeitliche Dauer (Pulsbreite) ist, desto mehr Daten können in die Fasern eingekoppelt und in einem bestimmten Zeitraum verschickt werden. Experten sind sich darin einig, dass der weltweite Datenverkehr im Internet zukünftig weiter deutlich wachsen wird. In den USA etwa stieg er beispielsweise zwischen 1997 und 2000 jährlich um rund 280 Prozent an, seitdem gar mit 400 Prozent pro Jahr. Schnelle Datenverbindungen gewinnen also an Bedeutung.

Eine Voraussetzung für den zügigen Datenverkehr sind schnelle Pulsquellen wie die der Berliner Forscher. Der am HHI entwickelte Laser erzeugt auf einer Fläche von nur etwa 0,35 Quadratmillimeter 40 Millionen Lichtblitze pro Sekunde – eine Pulsfrequenz von 40 Gigahertz (GHz). Damit lassen sich pro Sekunde etwa 40 Gigabit (Gbit) übertragen. Das entspricht etwa der Datenmenge, die auf einer heutigen DVD gespeichert ist. »Das ist deutlich mehr als das, was derzeit benötigt wird«, sagt Ronald Kaiser. Noch fließen die Daten aber zu meist mit 2,5 Gbit durch die Hauptverbindungen zwischen Netzknoten oder großen

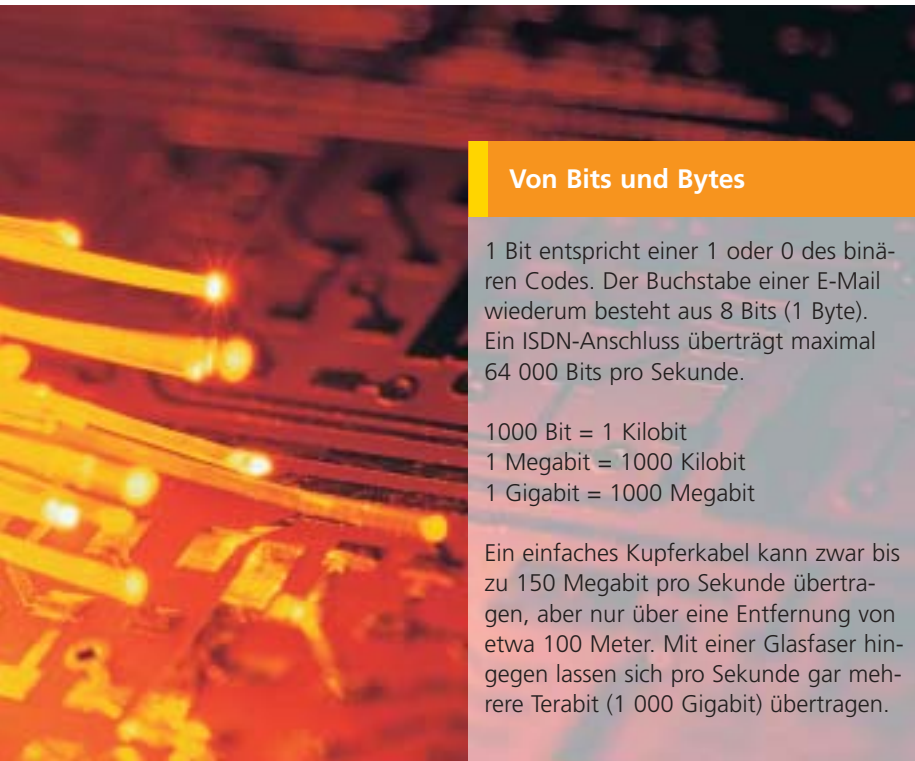
Servern. Derzeit wird das deutsche Glasfasernetz auf 10 Gbit aufgerüstet. Netzwerke in Forschungseinrichtungen oder großen Industrieunternehmen aber haben bereits Bedarf an den hohen Übertragungsraten. So hat das HHI in diesem Jahr zusammen mit der Berliner u2t Photonics AG erste Puls laser module hergestellt, die sich künftig ohne großen Aufwand auf standardisierte Steckkarten der modernen Kommunikationstechnik montieren lassen. Solche Steckkarten ließen sich beispielsweise in Einschüben von Schaltschränken der Telekommunikations-Unternehmen nutzen – etwa um Daten aus langsameren Netzen mit Hochgeschwindigkeit in besonders schnelle Glasfaserstrecken zu schicken.

HHI-Forscher kreieren einen kompakten und robusten Laserchip

Während der u2t Photonics AG die Aufgabe bekam, den Laserchip in einem Gehäuse mit allen nötigen elektrischen Anschlüssen und dem Glasfaseranschluss zu versehen, kreierten die HHI-Forscher den eigentlichen Laserchip. Der sollte zugleich zuverlässig, klein, robust und preiswert sein sowie ohne »Aufwärmphase« leuchten.

Glasfaser soll für den schnellen Transport der Daten sorgen.

© photodisc



Von Bits und Bytes

1 Bit entspricht einer 1 oder 0 des binären Codes. Der Buchstabe einer E-Mail wiederum besteht aus 8 Bits (1 Byte). Ein ISDN-Anschluss überträgt maximal 64 000 Bits pro Sekunde.

1000 Bit = 1 Kilobit
1 Megabit = 1000 Kilobit
1 Gigabit = 1000 Megabit

Ein einfaches Kupferkabel kann zwar bis zu 150 Megabit pro Sekunde übertragen, aber nur über eine Entfernung von etwa 100 Meter. Mit einer Glasfaser hingegen lassen sich pro Sekunde gar mehrere Terabit (1 000 Gigabit) übertragen.

Wie bei der Herstellung gewöhnlicher elektronischer Chips verwenden auch die Forscher am HHI spezielle Halbleiterscheiben, Wafer oder Substrate als Ausgangsmaterial. In diesem Fall sind es Indiumphosphid-Wafer mit einem Durchmesser von etwa fünf Zentimetern. Auf einem solchen Wafer werden viele Laser parallel, in mehreren aufeinander folgenden Arbeitsschritten unter Anwendung der modernen Halbleitertechnik prozessiert – unter anderem mittels hochgenauer lithografischer Verfahren. Am Ende der Herstellungsprozedur befinden sich etwa 2 000 der nur einen Millimeter langen Puls laser auf dem Wafer.

Doch wozu diese Miniaturisierung? »Der zeitliche Abstand zwischen zwei Lichtblitzen hängt direkt von der Länge des Lasers ab«, sagt Kaiser. »Je kürzer der Laser ist, desto kürzer ist der Zeitraum zwischen zwei Pulsen und umso höher ist die Pulsfrequenz.« Die Dauer eines Lichtblitzes der im HHI hergestellten Chips beträgt gerade mal zwei Picosekunden – das entspricht der unvorstellbar kurzen Zeitdauer von einer 500 Milliardstel Sekunde. Dazu ein Vergleich: Licht saust mit einer Geschwindigkeit von etwa 300 000 Kilometern pro Sekunde

durch das Weltall. In einer Picosekunde wandert es gerade mal den Durchmesser eines Sandkorns weit.

Zur Bewältigung besonders großer Datenmengen kann die Übertragungsrate sogar noch erhöht werden. Experten sprechen vom Multiplexverfahren. Dazu wird das mit 40 GHz getaktete Licht des Puls lasers zunächst auf zwei oder mehrere Wellenleiter (Kanäle) verteilt. In diesen Kanälen werden die zu übertragenden Informationen (Daten) durch einen Modulator zugeführt, den Lichtpulsen »aufmoduliert«. Bevor die einzelnen optischen Datenströme wieder zusammengeführt und in eine Glasfaserübertragungsstrecke gekoppelt werden, versetzt man die einzelnen Kanäle zeitlich zueinander. Letztlich werden also die Lücken zwischen den Datenpulsen eines Kanals mit denen des anderen aufgefüllt. Mit diesem Zeitmultiplexverfahren sind Datenübertragungsraten von 80 oder gar 160 Gbit pro Sekunde realisierbar – und damit lassen sich – etwa für aufwändige Klimamodelle oder sehr rechenintensive Simulationen – große Datenmengen in recht kurzer Zeit transportieren. Da selbst die infraroten Lichtsignale in Glasfasern leicht geschwächt werden,



Kompaktes Lasermodul mit integriertem Puls laserchip.

© Fraunhofer HHI

müssen sie während ihrer Reise immer wieder aufgefrischt werden. Bisher geschieht das durch opto-elektronische Komponenten, die die optischen Datenpulse aufnehmen, in elektrische Signale wandeln, diese regenerieren und schließlich wieder in optische Pulse zurückwandeln. Das kostet wertvolle Zeit. Der Laserpuls chip des HHI hingegen kann nicht nur Lichtblitze erzeugen, sondern auch schwache optische Signale direkt aufnehmen und wieder auffrischen.

Kompakte und stabile Halbleiter-Puls laserchips sind ideale Pulsquellen für extrem schnelle Messeinrichtungen. Diese werden auch benötigt, um schnelle Lichtpulse auf Hochgeschwindigkeitsstrecken zu erfassen – beispielsweise zur Überprüfung der Übertragungsfrequenz oder der Pulsqualität. Nach Ansicht der HHI-Forscher werden sich Puls laserchips zukünftig darüber hinaus innerhalb von Computersystemen nutzen lassen. Denn die bisher gebräuchlichen elektrischen Leiterbahnen haben einen entscheidenden Nachteil: Sie sind zu langsam. Meist sind sie es, die die Datenrate, die Rechengeschwindigkeit des Computers, limitieren. Optische Verbindungen innerhalb des Computers wären eine Lösung. Und auch bei bildgebenden Verfahren – wie etwa der Computertomographie – wären sie eine flinke Verbindung, um die großen Bild datenmengen vom Tomographen zum Rechner zu transportieren.

Tim Schröder

Glühbirne aus, Diode an

Leuchtdioden bringen Licht in unseren Alltag. Sie leuchten in Taschenlampen, Ampeln oder Displays. Dass die winzigen Lichtspender auch in Weiß erstrahlen, ist ein Verdienst von Fraunhofer-Forschern.



Weiß LEDs im Handy, als Rücklicht und als Akzente in der Kopenhagener Metro.
© OSRAM Opto Semiconductors; Ford.



Das Blitzlicht im Handy, die Armaturenbeleuchtung in Autos, die Strahler bei der Videokamera, die Displaybeleuchtung im Laptop und die Lampen im Tuschinsky-Theater in Amsterdam haben eines gemeinsam – hier leuchten weiße Leuchtdioden (LED). Die winzigen Lichtquellen sind eine viel versprechende Alternative zu Glühbirnen. Aus gutem Grund: Die seit Thomas Edison's Zeiten kaum veränderten Lampen haben einen entscheidenden Nachteil – die geringe Lichtausbeute. Den Löwenanteil der elektrischen Energie strahlen sie als Wärme und nicht als Licht ab. Der Wirkungsgrad beträgt nur fünf Prozent. Anders die LEDs: Sie erzeugen kaum Wärme und sparen im Vergleich zu Glühbirnen bis zu 80 Prozent Energie. Leuchtdioden sind zudem sehr robust. »Die weißen LEDs halten bis zu 100 000 Stunden. Damit übertreffen sie sogar Energiesparlampen«, betont Harald Müller vom [Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF](#) in Freiburg.

Lange Zeit galt die Entwicklung weißer Leuchtdioden als unmöglich. Denn die Halbleiter-Leuchten emittierten zunächst nur rotes, grünes und gelbes Licht. Erst 1993 gelang es der japanischen Firma Nichia Chemical, blau leuchtende LEDs aus dem neuen Halbleitermaterial Galliumnitrid zu kommerzialisieren. Auf Basis dieser blauen LED entwickelten die Forscher des IAF dann eine weiße Leuchtdiode. Der Trick: Sie kombinierten die blaue Halbleiter-Leuchte mit einem speziellen Leuchtstoff. »Ein Teil der blauen LED-Strahlung wird von dem Farbstoff absorbiert und in gelbes Licht umgewandelt. Die

Mischung aus blau und gelb nimmt das menschliche Auge als weiß wahr«, erklärt Müller das Prinzip der »klassischen« weißen LED.

Gemeinsam mit ihren Kollegen von Osram Opto Semiconductors in Regensburg arbeiten die IAF-Forscher bereits an der nächsten Generation weißer LEDs. Der Ansatz: Eine ultraviolette LED regt drei Leuchtstoffe an, die rotes, grünes und blaues Licht emittieren. Das Gemisch der drei Farben ergibt weiß. »Mit den neuen weißen LEDs ist »color engineering möglich. Der Farbeindruck ist steuerbar«, erläutert Müller. Je nach Anwendung kann kaltes oder warmes Weißlicht erzeugt werden. Das BMBF fördert in dem »NanoLux-mehr Licht mit weniger Energie« Forschungsarbeiten mit dem Ziel, neue Lichtquellen mit hohem Wirkungsgrad und einstellbarer Farbtemperatur auf der Basis von weißen LEDs zu entwickeln.

Noch sind die winzigen Lichtquellen für Massenanwendungen zu teuer. Daher werden sie bislang in Nischenanwendungen eingesetzt. »Aber schon bald werden die weißen LEDs in vielen Bereichen die Kleinglühbirne ablösen«, ist Müller überzeugt. Als nächstes werden die Leuchtdioden voraussichtlich die herkömmlichen Lampen in Autos verdrängen. Im Ford Focus Concept Car und im Hyundai HCD8 Concept Car werden die weißen Leuchtdioden bereits als Frontscheinwerfer und Rückfahrlicht eingesetzt.

Birgit Niesing

Risiko Fortschritt?

Neue Technologien bergen Chancen und Risiken. Eine objektive Bewertung fällt Bürgern und Entscheidungsträgern aus Politik und Wirtschaft bei der rasanten Entwicklung oft schwer. acatech, der Konvent der Technikwissenschaften der Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften e.V., gibt technologiepolitische Hilfestellung und versucht, den vorherrschenden Technikpessimismus zu überwinden.

Fortschritt ja, aber bitte ohne Risiko – was in anderen Ländern längst praktiziert wird, stößt in deutschen Landen vielfach auf Skepsis. So entbrennt um die Gentechnologie eine heiße Debatte. Welche Gefahren lauern hinter ihrem scheinbar friedlichen Antlitz? Wie sieht es mit Risiken und Nebenwirkungen beim Verzehr gentechnisch veränderter Produkte aus? Den Menschen macht Angst, was sie nicht kennen.



acatech.de

»Wir Deutschen sind Weltmeister im Aufspüren möglicher Risiken«, sagt Prof. Joachim Milberg, Präsident der acatech. »Nachgelassen hat dagegen der Wille, die Chancen neuer Technologien beherzt zu ergreifen. Dabei ist es gerade das Umsetzen von Innovationen in Form neuer Produkte und Dienstleistungen, auf denen das wirtschaftliche Wachstum basiert – und damit auch der gesellschaftliche Wohlstand. Hier sind wir Technikwissenschaftler gefordert.« Mit dem Anfang 2002 gegründeten Verein acatech wollen die Wissenschaftler für mehr Kommunikation zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik sorgen, um das Klima für Technik zum Positiven zu verändern. acatech steht für die Symbiose aus Akademie und Technik. Die Institution vereint erstmalig alle technikwissenschaftlichen Aktivitäten der sieben Akademien der Wissenschaften in Deutschland, die bisher weitgehend regional orientiert waren. Damit bildet sie eine gemeinsame Vertretung der deutschen Technikwissenschaften auf internationaler Ebene.

acatech setzt sich vor allem dafür ein, dass Deutschland mit seiner technologischen Leistungsfähigkeit auch weiterhin zur Weltspitze gehört. »Wir brauchen wieder Mut zur Zukunft und Vertrauen in unsere Fähigkeiten«, fordert Joachim Milberg, der auch

als Aufsichtsratsvorsitzender von BMW tätig ist. »Die technologischen Möglichkeiten, um Wachstum, Wohlstand und Belange der Umwelt in Einklang zu bringen, sind bereits weitgehend vorhanden.«

Mitglieder aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft

Der Konvent versteht sich als Forum, das technikwissenschaftliche Fragen von gesellschaftspolitischem Interesse kritisch beleuchtet. Ziel ist es, eine Brücke zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft zu schlagen – und somit das gegenseitige Vertrauen zu stärken. Ein weiteres Anliegen acatechs ist die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Denn nur mit einer hervorragenden Ausbildung kann technische Innovationsfähigkeit erreicht werden. Die bevorstehende Internationalisierung der Studiengänge birgt jedoch nicht nur eine große Chance für die deutschen Universitäten, sondern stellt sie auch vor eine beträchtliche Herausforderung:

Ein international kompatibles Bachelor/Master-System, was dem Niveau der bisherigen Diplombildung entspricht, soll die Ausbildung verbessern statt verschlechtern. Um die gesteckten Ziele zu erreichen, zählen zu den rund 200 acatech-Mitgliedern nicht nur herausragende Persönlichkeiten aus der Wissenschaft, sondern auch aus Politik und Wirtschaft.

Janine Drexler



acatech
Wissen schafft Zukunft

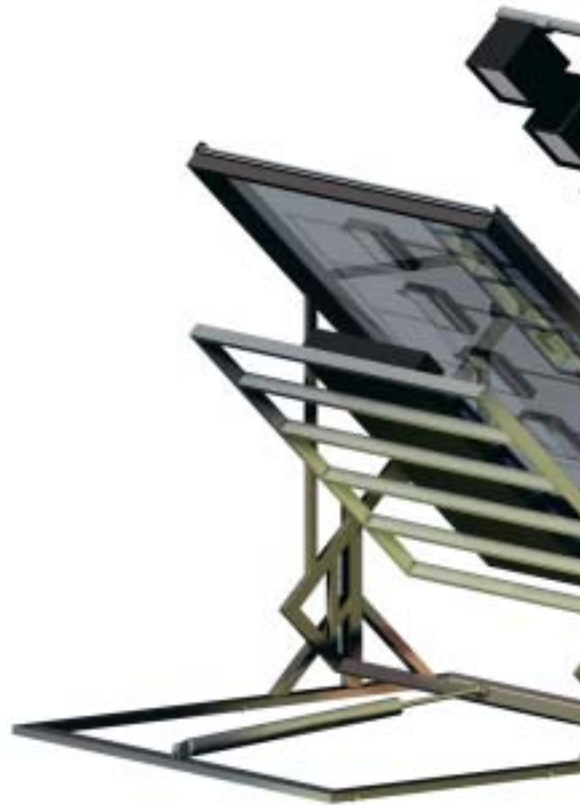
Sonnenkollektoren auf dem Prüfstand

Warum nicht in die Ferne schweifen? Ein Spin-off-Unternehmen des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE hat sich an einer Ausschreibung der Weltbank beteiligt und auf Anhieb qualifiziert. Jetzt wird ein Solarsimulator zum Test von Sonnenkollektoren nach Brasilien exportiert.

Brasilianer duschen nach Feierabend. Warm. Am Spätnachmittag, wenn im ganzen Land die Durchlauferhitzer eingeschaltet werden, schnellt der Stromverbrauch in die Höhe. Für die Energieversorger ist das ein Problem: Sie müssen rund um die Uhr hohe Kapazitäten bereitstellen, um den Spitzenbedarf am Nachmittag decken zu können. »Eletrobrás, einer der größten Stromversorger Brasiliens, steht seit Jahren vor der Alternative entweder ein neues Kraftwerk zu bauen oder die Kunden zum Stromsparen zu ermuntern«, berichtet Dr. Andreas Häberle, Geschäftsführer bei PSE in Freiburg. Die Brasilianer entschieden sich für Zweiteres: Sie zahlen Verbrauchern, die Solarkollektoren zur Warmwassergewinnung kaufen, Prämien. Das Energieversorgungsunternehmen Eletrobrás wurde damit zum Initiator eines Solarbooms.

Mittlerweile nutzen immer mehr brasilianische Haushalte die kostenlose Sonnenenergie für die Warmwassergewinnung. 150 Hersteller produzieren Sonnenkollektoren, die den riesigen Markt versorgen. Eine zentrale Prüfstelle am Brazilian Center for Development of Thermal Solar Energy in Belo Horizonte testet die verschiedenen Produkte. »Bisher haben die Ingenieure die notwendigen Tests im Freien durchgeführt. Die Ergebnisse waren damit abhängig von der Witterung. Da man nur bei schönem Wetter Leistungsmessungen durchführen kann, war die Planung oft schwierig und die Untersuchungen haben sich manchmal lange hinausgezögert«, sagt Häberle. Der promovierte Physiker weiß, wovon er spricht,

denn er hat zusammen mit einigen Kollegen am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg mehrere Jahre Kollektorprüfungen durchgeführt, Prüfmethoden entwickelt und Teststände aufgebaut. Am ISE werden seit zwei Jahren Sonnenkollektoren auf einem Innenprüfstand mit Solarsimulator untersucht und zertifiziert. Das ISE ist mittlerweile eine der führenden Zertifizierungseinrichtungen Europas und Häberle Geschäftsführer des Spin-off-Unternehmens PSE GmbH. Vor einem Jahr erfuhr er durch die Weltbank-Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft und des Bayerischen Staatsministeriums von einem Projekt in Brasilien, das das United Nations Development Program der Weltbank ausge-



Auf dem Prüfstand zeigt sich, wie leistungsfähig ein Sonnenkollektor ist.
© Fraunhofer ISE





Prinzip-Skizze des Prüfstands.

© Fraunhofer ISE

schrieben hat. Gesucht wurde ein Solarsimulator zur Zertifizierung von Sonnenkollektoren. Häberle war sofort klar: Da ist die Technologie vom ISE gefragt.

Sonne aus der Steckdose und Himmel hinter Glas

Der Solarsimulator am Freiburger Fraunhofer-Institut füllt einen zweistöckigen Raum: Auf einem vier mal vier Meter großen und auf einer Seite abgeschrägten Gestell können die zu prüfenden Kollektoren befestigt werden. Darüber hängt im Abstand von zwei Metern die Laborsonne, ein Array aus acht Speziallampen, die ein exakt definiertes Lichtspektrum erzeugen. In der Automobilindustrie werden solche Lampen verwendet, um die Langzeitstabilität von Lacken, Sitzbezügen und Schaumstoffen zu

testen. »Für uns ist neben dem Spektrum vor allem die konstante Lichtintensität der Lampen wichtig«, erklärt Matthias Rommel, Leiter der Arbeitsgruppe Thermische Anlagen am ISE. Zwischen dem Lampenfeld und dem Kollektor ist ein »künstlicher Himmel« installiert. Dieser besteht aus zwei Glasplatten, zwischen denen kalte Luft durchströmt. »Der künstliche Himmel ist wichtig für die Wärmebilanz: Er sorgt dafür, dass nur die Strahlungsanteile der heißen Lampen die Kollektoren erreichen, die der natürlichen Solarstrahlung entsprechen«, so Rommel. »Das Prinzip entspricht der Realität an einem wolkenlosen Tag.«

Die Weltbank-Initiative

Die Weltbank fördert Projekte auf der ganzen Welt. Sie ist damit ein attraktiver Auftraggeber für Unternehmen, die Technologien liefern können. »Für viele Fraunhofer-Institute und ihre Spin-off-Unternehmen ist die Weltbank eine potenzielle Finanzierungsquelle«, erklärt Dr. Fuchs, Leiter der Abteilung Europäisches und Internationales Business Development der Fraunhofer-Gesellschaft. Zusammen mit dem Bayerischen Ministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie hat sein Team eine Initiative gegründet, die mittelständischen Unternehmen die Teilnahme an Weltbankausschreibungen erleichtern soll. Ziel der »Weltbank-Initiative« ist es, die bayerischen Unternehmenskompetenzen zu bündeln, um Produkte und Dienstleistungen international anbieten zu können.

Die Initiative bietet mittelständischen Firmen verschiedene Serviceleistungen: Sie eröffnet Kontakte zu Unternehmen, die bereits erfolgreich international arbeiten, bietet Hilfestellung bei der Analyse des regionalen Technologiebedarfs, unterstützt die Vorbereitung und Durchführung von Projekten und hält den Kontakt mit der Weltbank in Washington.

Eine Kollektorprüfung dauert zwölf Stunden: Der Solarkollektor wird an einen Testkreis angeschlossen, von Wasser durchströmt und von den Lampen kontinuierlich bestrahlt. Sensoren messen die Temperatur des Wassers, wenn es in den Kollektor hinein- beziehungsweise wieder herausströmt.

Untersucht wird weiter das Wasservolumen im Testkreis, die Windgeschwindigkeit über dem Kollektor, die Lichteinstrahlung und die Lufttemperatur. Um den Wirkungsgrad zu bestimmen, wiederholen die Ingenieure die Messung bei unterschiedlichen Temperaturen. Am Schluss ermittelt eine Software die Wirkungsgradkennlinie, die anzeigt, welchen Prozentsatz des Sonnenlichts der Kollektor in nutzbare Wärme umsetzt. Aus dem Vergleich der Wirkungsgradkennlinien schließen die Experten auf die Leistungsfähigkeit eines Kollektors. Die Messungen am Freiburger Solarsimulator helfen den Entwicklern in den Solarfirmen bei der Verbesserung ihrer Produkte, können aber auch zur Zertifizierung eingesetzt werden.

Fraunhofer-Technik auf dem Weg nach Übersee

Eine zweite, fast baugleiche Anlage wurde vor kurzem in Container gepackt und ist derzeit auf dem Weg nach Brasilien. Häberle und sein Team haben sich mit dem Fraunhofer-Konzept eines Solarsimulators auf Anhieb bei der Weltbank qualifiziert. »Das Schwierigste war die Ausschreibung«, erinnert sich der Geschäftsführer. »Wir mussten 130 Seiten durcharbeiten, von denen nur zwei etwas mit Technik zu tun hatten. Das meiste waren Formalitäten. Und mit denen haben wir uns als Physiker und Ingenieure ziemlich schwer getan.« Doch als die formalen Hürden überwunden waren, ging alles ganz einfach: Das Know-how für das Projekt lieferte das ISE, die praktische Umsetzung übernahm die PSE GmbH: »Es ist ein gegenseitiges Geben und Nehmen«, da sind sich Häberle und Rommel einig. Das ISE ist offizieller Berater bei der Technologieentwicklung und übernimmt einen Teil der Entwicklungsaufgaben. Andererseits ist das ISE der wichtigste Auftraggeber der PSE GmbH.

Im Winter wird der neue Solarsimulator in Brasilien aufgebaut. Die Weltbank bezahlt dafür eine halbe Million Euro und die Freiburger verhandeln mit den brasilianischen Kollegen bereits über Folgeaufträge – beispielsweise die Lieferung einer Sensorik zur Messwerterfassung und einer Software für die Auswertung. »Für ein kleines Unternehmen wie PSE ist das ein toller Erfolg«, freut sich Häberle. Die Erfahrungen, die er jetzt mit dem Brasilienprojekt gemacht hat, will er in Zukunft nutzen, um Solarsimulatoren zur Zertifizierung von Sonnenkollektoren international noch besser zu vermarkten.

Monika Weiner





Konstruieren mit Fantasie

Mit lautem Knall zerplatzen Luftballons, ein Hahn kräht, ein kleines Feuerwerk sprüht Funken und es regnet Konfetti – nach dem ersten Probelauf der Weckmaschine ist jeder wach. Und das war auch das Ziel der 22 Jungen und Mädchen. Die Mini-Ingenieure haben bei dem Wettbewerb »Wissen macht Spaß« mitgemacht und eine fantastische Knatter-Ratter-Ächz-Stöhn-Maschine gebaut.

Krabum!! Mit lautem Scheppern kracht ein Topfdeckel auf den Boden. »Das ist laut genug«, ist Joshua zufrieden. Flink sucht sich der Junge drei silberne Deckel aus einer mit Blechdosen, Teppichklopfen, riesigen roten Trichtern, Luftballons, Plastikrohren, Rollschuhen und Basketbällen gefüllten Kiste. Sein Partner Felix trägt die Beutestücke gleich zu einer Werkbank. Dar aus und aus einem Scheinwerfer, einem kleinen Solarauto aus Holz und einer Mausefalle wollen die Jungs und Mädchen in

zwei Tagen eine Weckmaschine bauen. Insgesamt 22 Mädchen und Jungen basteln ein Wochenende lang im Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg Fantasiemaschinen. Die sieben- bis zwölfjährigen Mini-Ingenieure gehören zu den Siegern des Wettbewerbs »Wissen macht Spaß«. Mit dieser Aktion sollen im »Jahr der Technik« Kinder spielerisch an Themen aus Wissenschaft und Technik herangeführt werden. Ausgedacht hat sich den Kreativ-Wettbewerb die Initia-

Zusammen mit den Wissenschaftlern bauten Kinder eine selbst entworfene Fantasiemaschine.
© Bernd Liebl





Die Kinder haben mit viel Freude, großer Konzentration, Fantasie und Geschick an den Weckmaschinen gearbeitet.

© Bernd Liebl

tive »Wissenschaft im Dialog« gemeinsam mit dem Tigerenten-Club des Südwestrundfunks. Das IFF in Magdeburg und vier weitere große Forschungsinstitute haben die Aktion tatkräftig unterstützt.

»Der Erfinderwettbewerb besteht aus zwei Phasen. Zunächst haben die Kinder am Computer mit der kostenlosen Software »Professor Tims verrückte Erfinderwerkstatt« virtuelle Fantasiemaschinen entworfen«, erläutert Anna-Kristina Wassilew, die am IFF die Aktion betreut. Aus den vielen hundert Entwürfen wurden die besten Ideen ausgewählt. Die 100 kreativsten Nachwuchs-Erfinder haben dann an fünf Mitmach-Baustellen funktionierende Fantasiemaschinen gebaut.

Konstruieren mit Staubsauger, Wippe und Co

Marvin hat von der Aktion in Geolino gelesen. »Ich habe zum ersten Mal bei einem Wettbewerb mitgemacht und gleich gewonnen«, erzählt er stolz. Nun kann er gemeinsam mit seinem Bastel-Partner Max eine echte Fantasiemaschine konstruieren.

»Mit einem Staubsauger kann man saugen oder pusten«, erklärt Marvin die Grundidee ihrer Maschine. »Wir benutzen den Staubsauger zum Pusten.« Das ausgerangerte Haushaltsgerät aus den Fünfzigerjahren ist das Herzstück ihrer Fantasiemaschine. Ihr Plan: Mit der Abluft des Staubsaugers wird ein kleines gelbes Plastik-Ei durch ein Rohr gepustet und auf eine Wippe katapultiert, die dann einen Stromschalter betätigt. Sobald der Strom fließt, setzt sich ein Akku-Bohrer in Bewegung und rollt einen Bindfaden auf. Ist der Faden gespannt, löst er den Schnappmechanismus einer Mausefalle aus.

Soweit der Plan, den die beiden Jungen kurzerhand aufgezeichnet haben. Doch schon bei der ersten Station gerät die Maschine ins Stocken. Die Plastikverpackung ist zu leicht. Die Wippe kippt nicht um. »Kein Problem. Wir füllen das Ei einfach mit ein paar Muttern. Dann ist es schwerer«, hat Max die Lösung. Gesagt, getan. Schnell ist die Verpackung beschwert und die Fantasiemaschine erneut gestartet. Diesmal ladet das gelbe Plastik-Ei mit einem dumpfen Knall auf der Wippe.

Die Wippe kippt und legt den Schalter um. Leise beginnt der Bohrer zu surren.

Die meisten Probleme können die jungen Daniel-Düsentriebs selber lösen. Gibt es größere Schwierigkeiten, sind die Wissenschaftler vom IFF und die Technik-Pädagogen von dem Verein Aktion und Kultur mit Kindern Akki zur Stelle. Sie helfen den Kindern bei der technischen Umsetzung ihrer Ideen. Doch warum unterstützen die viel beschäftigten Forscher so ein Projekt? Dr.-Ing. Gerhard Müller, stellvertretender Institutsleiter: »Es liegt uns am Herzen, junge Menschen für Technik und Naturwissenschaften früh zu interessieren. Wenn Kindern das Lernen Spaß macht und sie ihre eigenen Fähigkeiten erkennen, weckt das ihre Neugier. Vielleicht motiviert es sie, sich intensiver mit Naturwissenschaften zu beschäftigen. Wollen wir Innovation und Fortschritt für die Gesellschaft erreichen, müssen wir unsere Kinder für das Lernen begeistern.«

Eine Werkbank weiter testen Tilmann und Marie ihre Weckmaschine. Mit einem Knopfdruck startet der Zehnjährige die Ket-



tenreaktion: Der Akkubohrer beginnt sich zu drehen und treibt eine Luftpumpe an, die Luft in eine Hupe bläst. Es erschallt ein dumpfes Tuten. Ein Sandsack knallt auf einen Schalter und es regnet Konfetti. Über eine Mausefalle wird ein Zündhütchen ausgelöst und eine kleines Feuerwerk entzündet. Die Knatter-Ratter-Ächz-Stöhn-Maschine funktioniert. Insgesamt elf unterschiedliche Weckmaschinen haben die Mini-Tüftler konstruiert und in das Magdeburger Modul der Fantasiemaschine eingebaut. Dieses wird mit den Fantasiemaschinen der anderen Mitmach-Stationen kombiniert.



fantasiemaschine.
iff.fraunhofer.de

Die fertige große Weckmaschine ist etwa 14 Meter lang, 3 Meter hoch und 2 Meter breit. Gestartet wird die riesige Knatter-Ratter-Ächz-Stöhn-Maschine am 25. September auf dem Schlossplatz in Stuttgart. Sie eröffnet mit lautem Scheppern, Tuten und Hahnenkrähen den von »Wissenschaft im Dialog« organisierten »Wissenschaftssommers 2004«.

Birgit Niesing



Schaufenster



© Fraunhofer

Globale Schule

Auf der ganzen Welt beobachteten Schüler am 8. Juni den Venus-schatten. Mit dem Projekt »Venus-Transit« hatte die deutsche Wissenschaftssendung »Quarks & Co.« Schulen weltweit dazu eingeladen, die unterschiedlichen Beobachtungsergebnisse zusammenzutragen. Insgesamt folgten rund 650 Schulklassen u.a. aus China, Polen, Griechenland, Russland, Großbritannien, Ägypten, Österreich, Bulgarien, Portugal, Italien und Südafrika dem Aufruf. Die Schulklassen sollten anhand des Phänomens, bei dem sich die Venus zwischen Sonne und Erde schiebt, den genauen Abstand zwischen Sonne und Erde errechnen. Dazu sind Daten des Venustransits aus verschiedenen Teilen der Welt nötig. Um den Austausch der Daten problemlos und ohne aufwändige Softwareinstallation zu ermöglichen, stellte das Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT das notwendige Tool, die web-basierte Groupware BSCW, zur Verfügung. So trugen die Schüler, hauptsächlich aus den 10. Jahrgangsstufen, ihre Daten auf der Plattform gemeinsam ein und konnten so das richtige Ergebnis errechnen. Sie kamen übrigens auf den gleichen Wert, den bereits 1769 James Cook bei Tahiti errechnet hatte: Die Sonne ist 149 597 870 Kilometer von der Erde entfernt.

Kanzler-Kick

Ein ganz besonderes Fußballspiel stand beim Tag der offenen Tür im Bundeskanzleramt auf dem Programm: Kanzler Gerhard Schröder kickte mit dem Fußball spielenden Roboter »VolksBot«. Der VolksBot ist ein autonomer und preiswerter Ausbildungsroboter für den Hochschulbereich, der auch in den weltweiten RoboCup-Fußballturnieren eingesetzt wird. Mit einem 1:1 endete das Spiel des Bundeskanzlers, als Trophäe gab es den Roboter »Roberta«. »Roberta« nennt sich auch ein Konzept für Roboter Kurse, in denen Mädchen ab 9 Jahren selber autonome Roboter konstruieren.

Die AIS-Roboter waren Teil des »Ideen-Parks«, in dem die »Partner für Innovation« und weitere Organisationen neue Technologien vorstellen. Dr. Alfred Gossner, Vorstand Finanzen der Fraunhofer-Gesellschaft, zeigte dem Kanzler die Fußball spielenden Roboter.



© dpa

Veranstaltungen Oktober

20. – 27. Oktober

K 2004, Düsseldorf
Messe für Kunststoff und Kautschuk weltweit

Fraunhofer-Gemeinschaftsstand Halle 3/E 91

Informationen:
Franziska Kowalewski
Telefon 0 89/12 05-13 63
franziska.kowalewski@zv.fraunhofer.de

26. – 28. Oktober

Parts 2 Clean, Friedrichshafen
Fachmesse für industrielle Teilereinigung und Teiltrocknung

Fraunhofer-Gemeinschaftsstand Halle B1/313

Informationen:
Franziska Kowalewski
Telefon 0 89/12 05-13 63
franziska.kowalewski@zv.fraunhofer.de

26. – 30. Oktober

Euroblech, Hannover
18. Internationale Technologiemesse für Blechbearbeitung

Fraunhofer-Gemeinschaftsstand Halle 11/414

Informationen:
Franziska Kowalewski
Telefon 0 89/12 05-13 63
franziska.kowalewski@zv.fraunhofer.de

Innovationspreis geht nach Jena

Der zweite Preis des »Berthold Leibinger Innovationspreises für herausragende Forschungsarbeiten in der angewandten Laserphysik« ging an Prof. Dr. Andreas Tünnermann, Dr. Stefan Nolte und Dr. Holger Zellmer für neuartige Faserlaserkonzepte. Der Arbeitsgruppe von der Friedrich-Schiller-Uni-

versität Jena und dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF gelang es, sowohl hohe kontinuierliche Laserausgangsleistungen als auch ultrakurze Pulse höchster Strahlqualität zu erzeugen. Der Preis ist mit 10 000 Euro dotiert.

Personalien

Die UNESCO-Kommission beruft **Prof. Dr.-Ing. Peter Eyerer**, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Chemische Technologie ICT in das Deutsche Nationalkomitee für die Dekade »Bildung für nachhaltige Entwicklung«. Mit der Dekade soll sowohl die Bildung als Grundlage für eine nachhaltige Gesellschaft gefördert, als auch die nachhaltige Entwicklung in alle Stufen des Bildungssystems integriert werden.

Prof. Dr. Günter Fuhr, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Biomedizinische Technik IBMT, wurde mit 16 weiteren Persönlichkeiten des Saarlandes vom Ministerpräsidenten Peter Müller aufgrund seiner wissenschaftlichen Leistungen zum Saarland-Botschafter ernannt. Die Saarland-Botschafter sollen mit ihren nationalen und weltweiten Verbindungen dazu beitragen, die Vorzüge des Landes bekannter zu machen.

Ralf Gellrich vom Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST ist von dortmund-project als »Junior of the Year« (JOY 2004) ausgezeichnet worden. Seine Weiterentwicklung des »Digitalen Begleiters« überzeugte die Jury.

Gellrich verbesserte den News-Dienst der Digitalen Begleiter, sodass Nachrichten ihren Nutzern (etwa Sportjournalisten beim Fußballspiel) künftig noch übersichtlicher zur Verfügung stehen.

Dr. Roland Franz vom Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV wurde mit dem Förderpreis der Dr. Michael Rosenthal-Stiftung ausgezeichnet. Die Jury würdigte dabei die Entwicklung eines Modells, mit dem die Konzentration von Chemikalien aus Lebensmittelverpackungen computergestützt berechnet werden kann.

Die Dr. Heinrich-Nicolaus-Medaille in Gold ging in diesem Jahr an **Dr. Dr. Gottfried Ziegler** vom Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV in Freising. Mit der Medaille werden außergewöhnliche organisatorische und wissenschaftliche Verdienste um die industrielle Gemeinschaftsforschung auf dem Gebiet der Lebensmittel- und Verpackungstechnik und um die Verbesserung der einschlägigen Ausbildung ausgezeichnet.

Impressum

Fraunhofer Magazin

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 1434-7113 (Printausgabe)
ISSN 1617-142X (Internetausgabe)
Bezugspreis im Mitgliedspreis enthalten.

Herausgeber:

Fraunhofer-Gesellschaft
Hansastraße 27 c
80686 München
Redaktionsanschrift
wie Herausgeber
Abteilung Presse
Telefon: 0 89/12 05-13 01
Telefax: 0 89/12 05-75 15
presse@zv.fraunhofer.de
www.fraunhofer.de/magazin/

Redaktion:

Franz Miller (verantwortlich),
Birgit Niesing (Redaktionsleitung),
Johannes Ehrlenspiel, Marion Horn,
Beate Koch, Isolde Rötzer,
Monika Weiner, Christa Schraivogel
(Bild und Produktion)

Redaktionelle Mitarbeit:

Andreas Beuthner, Janine Drexler,
Klaus Jacob, Hellmuth Nordwig,
Brigitte Röthlein, Jörg Röthlingshöfer,
Tim Schröder, Barbara Witthuhn

Graphik: Vierthaler & Braun

Titelbild: Bernd Müller

Lithos: drm-Desktop Repro Munich

Druck: Vonroth & Vogel

Anzeigen: hussverlag

Joseph-Dollinger-Bogen 5
80912 München
Telefon: 0 89/3 23 91-2 60
Telefax: 0 89/3 23 91-4 16

© Fraunhofer-Gesellschaft,
München 2004

November

2. – 4. November
Seminar, Itzehoe
»Manuelles Löten«

Fraunhofer-Institut für
Siliziumtechnologie ISIT

Informationen:
Marion Rosemann
Telefon 0 48 21/17-42 15
marion.rosemann@isit.fraunhofer.de

9. – 13. November
Glasstec, Düsseldorf
Glass technology live

Fraunhofer-Gemeinschafts-
stand Halle 11/A66

Informationen:
Franziska Kowalewski
Telefon 0 89/12 05-13 63
franziska.kowalewski@zv.fraunhofer.de

24. – 25. November
Symposium, Stuttgart
Dienstleistungswirtschaft
produktiv und international
in die Zukunft

Fraunhofer-Institut für
Arbeitswirtschaft und
Organisation IAO

Informationen:
Marc Opitz
Telefon 07 11/9 70 51 29
marc.opitz@iao.fraunhofer.de

24. – 27. November
Medica, Düsseldorf
Weltforum der Medizin

Fraunhofer-Gemeinschafts-
stand Halle 10 Stand F05

Informationen:
Welf Zöller
Telefon 0 89/12 05-13 69
welf.zoeller@zv.fraunhofer.de
Weitere Termine:
www.fraunhofer.de/fhg/fair/

Dezember

01. – 04. Dezember
EuroMold 2004, Frankfurt
Fachmesse für Werkzeug-
und Formenbau, für Design
und Produktentwicklung

Fraunhofer-Gemeinschafts-
stand Halle 8/ L115/NM2

Informationen:
Franziska Kowalewski
Telefon 0 89/12 05-13 63
franziska.kowalewski@zv.fraunhofer.de

Magazin



Mini-Ingenieure haben bei dem Wettbewerb »Wissen macht Spaß« mitgemacht.

Superschnelle Glasfasernetze sorgen auch in Zukunft für einen zügigen Datenverkehr.



Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die führende Trägerorganisation für Einrichtungen der angewandten Forschung in Europa. Sie betreibt derzeit rund 80 Forschungseinrichtungen, davon 58 Institute, an über 40 Standorten in ganz Deutschland. Rund 12 700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erzielen das jährliche Forschungsvolumen von etwa einer Milliarde Euro. Davon erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft rund zwei Drittel aus Aufträgen der Industrie und öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Die internationale Zusammenarbeit wird durch Niederlassungen in den USA und in Asien gefördert.

