



Zukunftstechnologien

Von der Idee zur Anwendung



Inhalt

Einleitung	Seite 4	Gezielte Heilung Nanotechnologie eröffnet der Medizin neue Perspektive	Seite 16
IDEE		Mit Nanopartikeln gegen Krebs Ein Gespräch mit dem Biologen Dr. Andreas Jordan	Seite 17
Die Macht der grauen Zellen Ein Gespräch mit dem Hirnforscher Prof. Dr. Andreas Herz	Seite 5	Die menschliche Seite des Staus Wie Menschen auf bestimmte Verkehrssituationen reagieren	Seite 18
Richtig von der Rolle Winzige Strukturen für intelligente Folien	Seite 7	ANWENDUNG	
Wo die Ideen sich treffen – Das Auto der Zukunft 14 Innovationen für die Mobilität von morgen	Seite 8	Ausgerauscht Das weltweite digitale Radio	Seite 19
Kommunikation en miniature Ein Gespräch mit der Physikerin Dr. Susanne Hoffmann-Eifert	Seite 9	Kollege Roboter Fachleute machen Roboter fit für die Zusammenarbeit mit den Menschen	Seite 20
Die Natur als Erfinderin Die Gewinnerteams des BMBF-Bionikwettbewerbs	Seite 10	Altes Eisen in neuem Gewand Ein Gespräch über Stahl als Hightech-Material mit Prof. Dr.-Ing. Matthias Niemeyer	Seite 21
Nie wieder stumpfe Messer Ein Gespräch mit Jürgen Bertling, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik	Seite 11	Ideen sind Silber, Innovationen Gold – Das Geheimnis erfolgreicher Erfindungen Ein Gespräch mit dem Innovationsforscher Prof. Dr. Hariolf Grupp	Seite 22
UMSETZUNG		Prometheus' Erben Wie ein junges Unternehmen mit einer zündenden Idee Erfolg hatte	Seite 23
Patente aus dem Meer fischen Porträt: Prof. Dr. Antonia Kesel – weltweit erste Leiterin eines Bionik-Lehrstuhls	Seite 12	IDEE – UMSETZUNG – ANWENDUNG	
Visionär des Lichts Porträt: Prof. Dr. Karl Leo – Experte für OLED	Seite 13	Zauberhafter Zylinder Die digitale Litfaßsäule	Seite 24
Warmes Licht an dunklen Tagen Neue Beleuchtungsmöglichkeiten durch umweltfreundliche Lichtquellen	Seite 14		
Femtonik – Ultrakurz und hochpräzise Femtosekundenlaser – Werkzeug der Zukunft	Seite 15		

Impressum

Herausgeber

Projektträger Deutsches-Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
 Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe,
 Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PTKA-PFT)
 Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH
 TÜV Management Systems GmbH/Projektträger Mobilität und
 Verkehr, Bauen und Wohnen
 Projektträger VDI Technologiezentrum GmbH (VDITZ)

Konzept und Gestaltung

MEDIA CONSULTA Deutschland GmbH
 Björn Köllen, Carsten Roth (Konzeption)
 Katja Scholze (Kreation)
 Manja Schreiter (Produktion)
 Katleen Krause (Lektorat)

Text und Redaktion

Nicola Kuhrt, Tim Schröder
 MEDIA CONSULTA Deutschland GmbH
 Björn Köllen, Carsten Roth

Druckerei

Hofmann Druck Nürnberg GmbH & Co. KG

Bildnachweis

Getty Images: Titel; Picture-Alliance: S. 3, 5, 12, 14, 18-19, 25;

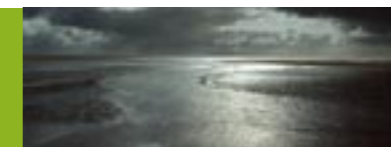
...

Bonn, Berlin, Jülich, Düsseldorf, Karlsruhe, Köln, März 2006

Im November 2005 wurde festgelegt, dass die Technologiebereiche „Verkehr und Raumfahrt“, die „Patente und Erfinderförderung“ und die „F&U und die Innovation in der Wirtschaft; die KMU; die Unternehmensgründungen“ in die Zuständigkeit des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie übergehen.



Seite 10



Seite 12

Seite 24



Von der zündenden Idee zur Zukunftstechnologie

Die einen haben sie unter der Dusche, andere im Garten oder im Labor: die zündende Idee. Auf sie zu stoßen, bedarf oftmals Zeit – oder eines Apfels. So wie bei einer der größten Entdeckungen in der Geschichte der Physik: Einer Legende zufolge saß Sir Isaac Newton in Cambridge unter einem Apfelbaum, als ihm ein Apfel auf den Kopf fiel. Der unsanfte Denkanstoß führte Newton zur Entdeckung des allgemeinen Gesetzes der Schwerkraft.

Doch Ideen allein sind nur der Anfang – das wusste auch Newton. Damit sie nicht nur Ideen bleiben, ist viel Forschungsarbeit notwendig. Erst sie führt dazu, dass aus einer anfänglichen Idee ein neues Produkt, eine verbesserte Anwendung oder gar die Erschließung eines neuen Technologiefelds wie etwa die Nanotechnologie wird.

Innovationen brauchen Forschung

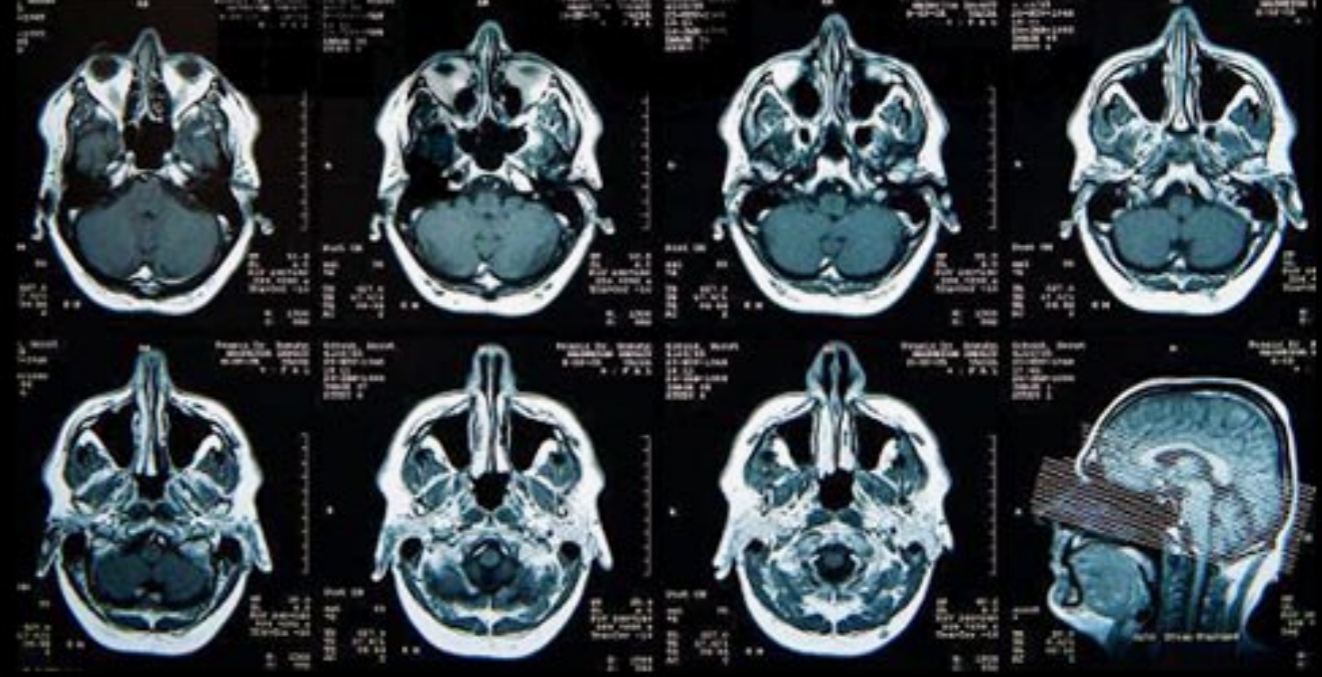
Forschung und Entwicklung sind Garanten für Innovationen „Made in Germany“ – und damit für mehr Lebensqualität, wirtschaftliches Wachstum und Arbeitsplätze in Deutschland. Beispielsweise wenn Forscherinnen und Forscher in der Medizin neue Therapien zum Wohle des Menschen entwickeln oder Innovationen die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen steigern.

Eine erfolgreiche Spitzenforschung braucht eine bedarfsgerechte Förderung. Dabei spielen Netzwerke, in denen die Forschungspartner kooperieren, eine wichtige Rolle: Das gemeinsame Wissen bildet einen Mehrwert, von dem alle Beteiligten profitieren. Genau hier setzt die Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) an: bei der Förderung einer gemeinsamen Forschung von Industrie, Forschungseinrichtungen und Universitä-

ten – damit Ideen schnell und direkt in die Praxis umgesetzt werden können.

Forschung braucht Förderung

Erfolg in der Forschung hängt auch davon ab, wichtige Ideen und aussichtsreiche Projekte frühzeitig zu identifizieren. Hierbei unterstützen und beraten Projektträger das BMBF. Sie verfügen in verschiedenen Technologiefeldern über das notwendige Know-how. Die Projektträger sind unter anderem angesiedelt beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), beim Forschungszentrum Jülich (FZJ), beim Forschungszentrum Karlsruhe, beim technischen Überwachungsverein (TÜV) und beim Verein Deutscher Ingenieure (VDI). Sie prüfen die Idee und Machbarkeit eines Forschungsvorhabens und die späteren Anwendungsmöglichkeiten – die Projektträger werden also kurz nach dem „Fall des Apfels“ aktiv und helfen dabei, dass Innovationen entstehen. Den Weg von der Idee über die Umsetzung in Forschung und Entwicklung bis zur fertigen Anwendung stellen Ihnen die Projektträger des BMBF in dieser Broschüre anhand ausgewählter Projekte vor.



Die Macht der grauen Zellen

Das Gehirn von Universalgenie Albert Einstein galt nach seinem Tod lange Zeit als verschollen, das des berühmten Mathematikers Carl Friedrich Gauß

wird bis heute in einem Glas an der Universität

Göttingen aufbewahrt. Was macht die Gehirne

genialer Köpfe aus? Hirnforscher arbeiten daran,

die Geheimnisse des wohl rätselhaftesten aller

menschlichen Organe zu entschlüsseln. Ein Gespräch

mit dem Hirnforscher Prof. Dr. Andreas Herz.

Herr Professor Herz, Ideen stehen am Anfang einer jeden Erfindung. Wie entsteht der berühmte Geistesblitz?

Herz: Dazu wissen wir noch sehr wenig – auch deshalb, weil es schwierig ist, unter experimentellen Bedingungen Geistesblitze zu erzeugen! In theoretischen Modellen haben wir jedoch bereits beobachtet, dass sich Nervenzellen plötzlich zu größeren aktiven Verbänden zusammenschließen können. Vielleicht arbeitet unser Gehirn bei einem Geistesblitz auf ähnliche Weise, indem es vorhandene Gedächtnisinhalte spontan zu neuen Mustern verknüpft. Einstein etwa beschrieb sein Denken als ein „assoziatives Spiel mit mehr oder weniger klaren Bildern“.

Gehirne berühmter Denker, wie Einstein oder Gauß, faszinieren die Wissenschaft: Lässt sich am Gewicht oder Aufbau ihrer Gehirne ablesen, dass sie besonders intelligent waren?

Herz: Bei solchen Geistesgrößen erwartet man auch ein besonders großes Gehirn. Aber weit gefehlt, Einsteins Denkorgan war mit weniger als 1250 g deutlich leichter als das männliche Durchschnittsgehirn mit 1400 g. Ein bestimmter Bereich der vorderen Hirnrinde war jedoch dichter mit Nervenzellen gepackt. Und in genau diesem Bereich ist das mathematische Denken und die Vorstellung von Bewegungen lokalisiert. Bei Einstein fehlte in dieser Region zudem eine sonst übliche Gehirnfurche, was auf mehr Nervenverbindungen hindeuten könnte.

Denken alle Menschen auf die gleiche Weise?

Herz: Nein, Menschen haben unterschiedliche Strategien, Probleme zu lösen – einige gehen eher verbal heran, andere bildlich. Und auch beim mathematischen Denken gibt es starke Abweichungen. Hier ein Beispiel: An sich ist 90 Prozent das Gleiche wie 9/10. Dennoch gibt es Leute, die Prozentzahlen sofort in Brüche umwandeln und damit weiterrechnen, andere jonglieren lieber direkt mit Prozentzahlen.

Hat unsere Umwelt Einfluss auf diese unterschiedlichen Denkweisen? Könnte man also sagen, dass ein Mensch, der sein Leben lang klassische Konzerte besucht, ein anderes Gehirn hat, als jemand der nur Heavy Metal hört?

Herz: Das Gehirn wird ständig neu strukturiert. Dabei spielen Sinnesreize natürlich eine zentrale Rolle. Die beiden Gehirne werden sich in ihrer Feinstruktur unterscheiden. Diese Veränderungen sind im Allgemeinen umkehrbar. Manche Reize sind allerdings nicht gut für unser Gehirn. Wenn man sich zum Beispiel längere Zeit übermäßig lautem Schall aussetzt, dann schädigt man das Hörsystem für immer. Auf jeden Fall sollten wir unser Gehirn sehr sorgfältig behandeln.

Wie verändert sich unser Gehirn im Laufe des Lebens?

Herz: Die Dicke der Gehirnrinde und die Zahl der Verbindungen nehmen im Kindesalter noch zu. Seit kurzem weiß man auch, dass sich sogar bei Erwachsenen noch neue Nervenzellen bilden können. Dafür muss man allerdings einiges tun. Denn diese Veränderungen hängen davon ab, wie stark wir unser Gehirn benutzen.

Das Gehirn kann also trainiert werden?

Herz: Sicher! Wobei Intelligenz auf verschiedenen Fähigkeiten beruht, wie etwa logisches Denken, Gedächtnis und die Fähigkeit, Gelerntes zu verallgemeinern. Entsprechend differenziert muss die Frage behandelt werden. Denken Sie aber nur daran, wie beim Memoryspielen das Gedächtnis trainiert wird, wie Kinder in der Schule lernen, verborgene Zusammenhänge in komplexen Wissensstrukturen zu erkennen, oder wie Reisen das Orientierungsvermögen schärft. Trainiert man das fürs Menschsein wichtigste Organ Tag für Tag, erhöht sich damit auch die Chance, bis ins hohe Alter geistig rege zu bleiben.

Gibt es noch andere Möglichkeiten, unser Gehirn leistungsfähiger zu machen?

Herz: Tierversuche und klinische Untersuchungen haben gezeigt, dass sich Denk- und Lernvermögen durch bestimmte Medikamente verbessern lassen. Damit soll beispielsweise



Hirnforscher Prof. Dr. Andreas Herz

Alzheimer-Patienten geholfen werden. Aber auch das Denkvermögen gesunder Menschen kann möglicherweise von den neuen Medikamenten profitieren. Solche „smart drugs“ haben ein enormes Marktpotenzial. Doch sind sie nicht unbedenklich: Diese Präparate greifen in das Innerste unseres Bewusstseins ein und haben Wechselwirkungen mit verschiedenen Regelmechanismen des Gehirns. Mögliche Nebenwirkungen, die erst nach Jahrzehnten auftreten können, sind noch nicht bekannt. Ich empfehle deshalb gesunden Menschen, sich mit herkömmlichen Methoden geistig fit zu halten – Knobelaufgaben, knifflige Spiele, Fremdsprachen, Theaterspielen etc.

Training ist also gut, aber ist das Gehirn nicht irgendwann voll?

Herz: Unser Gehirn hat mehr Nervenzellen, als es Menschen auf der Erde gibt, und jede Nervenzelle kommuniziert direkt mit tausenden anderen Zellen: Platz genug für sehr viel Wissen. Zudem können alte Gedächtnisinhalte überschrieben werden, so dass keine Gefahr besteht, dass unser Gehirn eines Tages überläuft.

Richtig von der Rolle

Um innovative Kunststofffolien effektiv herstellen zu können, hatten die Partner des Verbundprojekts „Microstruct“ eine wirklich gute Idee.

Produkte mit Mikrostrukturen sind wahre Alleskönner. Lichtlenkende Folien, angebracht etwa an Fenstern, unterstützen die Erwärmung und Beleuchtung von Räumen. So genannte „Brightness Enhancement Filme“ machen moderne Computermonitore besser lesbar und helfen, den Energieverbrauch der Hintergrundbeleuchtung zu reduzieren. Andere Folien mit speziellen Strukturen dienen als Medikamentenreservoir und ermöglichen so eine gleichmäßige Dosierung über lange Zeiträume.

So weit, so gut. Das Problem: Im kleinen Maßstab lassen sich die Folien mit Funktion bereits produzieren, mittels spezieller Stempel werden die feinen Strukturen auf den jeweiligen Untergrund aufgebracht. Sobald es aber in die Endlosproduktion geht – und nur dieses Verfahren ist in der Praxis wirtschaftlich realisierbar – sind die Stempel leider zu unpräzise. Da sie immer wieder angesetzt werden müssen, um das gewünschte Muster in der großen Fläche zu erhalten, entstehen an den Nahtstellen kleine Ungenauigkeiten. Das menschliche Auge identifiziert eine solche Fehlstelle etwa auf einer Bildschirmfolie sofort als störenden Fleck.

Walzen mit großem Durchmesser

Um dieses Problem zu lösen, brauchte man vor allem eins: eine gute Idee. Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie (IPT) in Aachen machten sich gemeinsam mit Fachleuten des Unternehmens LT Ultra-Precision Technology GmbH und weiteren Projektpartnern an die Arbeit. „Wir haben nach etwas gesucht, das präzise dreidimensionale Strukturen im Mikrometerbereich produziert, ohne dass Fehlstellen entstehen“, beschreibt Robert Schmitt vom Fraunhofer-IPT die

Ausgangslage. „Wir kamen dann auf die Idee, dass eine Maschine mit einer speziellen großflächigen Walze den Anforderungen am besten entsprechen kann.“ Der Vorteil liegt auf der Hand: Walzen mit großem Durchmesser ermöglichen ein schnelles und sicheres Abprägen von Strukturen in Folien.

Mit dem Projekt „Microstruct“ soll die Idee nun in die Tat umgesetzt werden. Entwickelt wird zunächst die Maschine, mit der sich die gewünschte Geometrie in die Walzenoberfläche schneiden lässt. Das Aufbringen der winzigen, aber sehr genauen Muster kann bis zu 70 Stunden dauern. „Hierzu kommen Diamanten zum Einsatz, das ist der einzige Schneidstoff, der das aushält“, berichtet Richard Widemann von LT-Ultra. Auf diese Weise können Strukturgrößen im Bereich weniger Mikrometer erzeugt werden. Dank einer guten Idee entstehen so strukturierte Walzen, mit denen sich mühelos perfekte Funktionsfolien herstellen lassen – und zwar so viele man will.

Ein Diamant bei der Arbeit:

Mittels Ultrapräzisionstechnik werden mikrostrukturierte Oberflächen hergestellt.



Wo die Ideen sich treffen – Das Auto der Zukunft

Mobilität ist eine wesentliche Grundlage der modernen Gesellschaft. Weltweit sind rund eine dreiviertel Milliarde Autos unterwegs – Tendenz steigend. Vor diesem Hintergrund wächst die Bedeutung von Sicherheit und

Elektronische Fahrerassistenzsysteme erkennen Hindernisse und Verkehrszeichen, achten auf den richtigen Abstand zum Vordermann, die Fahrbahnmarkierungen und den toten Winkel.

Den Blick immer auf der Straße: Wichtige Informationen, wie etwa Geschwindigkeit oder Gefahrenhinweise werden mittels Head-up-Display auf die Windschutzscheibe projiziert – dank moderner Nachsichtsysteme sogar bei Dunkelheit.

Hybridfahrzeuge kombinieren die Vorteile von Verbrennungsmotoren mit denen von Elektromotoren und Brennstoffzellen. So werden Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemission erheblich reduziert.

Autos kommunizieren künftig untereinander und mit Verkehrsinfrastruktur- und Verkehrsleitsystemen. Staus gehören damit zunehmend der Vergangenheit an.

Intelligente LED-Scheinwerfer spenden mehr Licht, sind zuverlässiger als heutige Systeme und ermöglichen Leuchtweitenregelung und Kurvenausleuchtung.

OLED (organische Leuchtdioden) werden im Armaturenbrett eingesetzt. Sie sparen Strom und bestechen durch Farbbrillanz, hohe Auflösung und einen weiten Betrachtungswinkel.

Saubere Lösung: Motoren nutzen Biokraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Das schont die Ressourcen.



Umweltschutz. Forscherinnen und Forscher arbeiten daran, das Auto komfortabler, energiesparender und sicherer zu gestalten. Dazu könnten verschiedene Innovationen beitragen – ein Blick in die Zukunft:

Abgasmessungen mit Laser erlauben es, den Verbrennungsvorgang zu optimieren. Das Ergebnis: Die Autos der Zukunft werden sauberer.

Durchblick ohne Scheibenwischer: Die Nanobeschichtung auf der Windschutzscheibe lässt Regenwasser zu einem gleichmäßigen, durchsichtigen Wasserfilm verlaufen.

Waschanlage ade: ein stets sauber glänzendes Auto dank chemischer Verbindungen mit einem hohen Fluoranteil in der Fahrzeugoberfläche.

Nanopartikel in Displays und Windschutzscheiben verhalten sich auch bei Sonnenschein zu einem blendfreien Fahrvergnügen.

Leere Autobatterien gehören der Vergangenheit an. Mittels Nanotechnologie werden sie vom Solarzellenlack gespeist.

Goldpartikel in Nanoformat machen nicht nur Autokatalysatoren effektiver; in der Klimaanlage des Autos besitzigen sie Bakterien und damit lästige Gerüche.

Moderne Werkstoffe machen das Auto stabiler und leichter: Das erhöht die Sicherheit und reduziert den Kraftstoffverbrauch.

Toter Winkel? Nicht mit Nano! Durch den Einsatz von Nanopartikeln und Nanofasern mit extrem hoher Durchsichtigkeit und Steifigkeit wird das Auto rundum verglast.

Kommunikation en miniature

Am Institut für Festkörperforschung im Forschungszentrum Jülich werden neuartige oxidische Schichten entwickelt, die es ermöglichen, Speicherelemente für Computer und mobile Kommunikationssysteme in deutlich kleineren Dimensionen als bisher herzustellen.

Ein Interview mit Physikerin Dr. Susanne Hoffmann-Eifert über Chancen und Perspektiven der neuen Oxidschichten.

Frau Dr. Hoffmann-Eifert, wie können die aktuellen Entwicklungen den Computer von morgen beeinflussen?

Hoffmann-Eifert: Im digitalen Zeitalter hat die Vermeidung eines Datenverlustes enorme Bedeutung. Der große Vorteil von Speicherbauteilen, die mit ferroelektrischen, resistivschaltenden und ferromagnetischen Oxidmaterialien entwickelt werden, liegt darin, dass bei einem Stromausfall die Daten aus dem temporären Speicher nicht verloren gehen. Das liegt daran, dass in den so genannten nicht flüchtigen Speichern diese Daten als strukturelle Information vorliegen und nicht wie in den bisherigen Arbeitsspeichern elektronisch.

In welchen anderen Bereichen liegen die Anwendungspotenziale dieser Schichten?

Hoffmann-Eifert: Andere Gebiete werden einerseits dadurch erschlossen, dass die neuen Oxidschichten durch ihre hohen Kapazitätsdichten eine Miniaturisierung der Speicherbausteine ermöglichen und andererseits durch zusätzliche Funktionalitäten, die bis in den Bereich der Sensorik hineinreichen. Das legt den Einsatz in mobilen Kommunikationssystemen wie etwa Handys nahe. Es ermöglicht nicht nur eine Verkleinerung der elektronischen Geräte, sondern auch den Ausbau ihrer Kapazitäten und Funktionen: beispielsweise Handys mit Kamera, Terminplaner, Minicomputer, Text- und Spracherkennung.



Physikerin Dr. Susanne Hoffmann-Eifert

Wo liegt Ihrer Meinung nach der konkrete Nutzen für den Anwender?

Hoffmann-Eifert: Stellen Sie sich ein Telefon vor, das bei einem Gespräch mit einem Japaner simultan ins Deutsche übersetzt. Oder einen Computer, der per Sprachbefehl gesteuert wird. Ein Handy, das riechen kann. All diese Funktionen erfordern immense Rechen- und Speicherkapazitäten und können nur durch eine massive Verkleinerung der gesamten Computerarchitektur, eine Erhöhung der Rechengeschwindigkeit und eine Verringerung des Energieverbrauchs realisiert werden. Unter Einsatz der neuen oxidischen Schichten rücken solche Visionen in greifbare Nähe.

Wie lange dauert es, um solche Entwicklungen in die Serienproduktion zu bringen?

Hoffmann-Eifert: Das geht zum Teil sehr schnell. Im Schnitt benötigt jeder Innovationsschritt in der Industrie etwa drei Jahre Vorlauforschung, dann drei Jahre, in denen die Forschung in eine Pilotanlage übertragen wird und anschließend noch maximal drei Jahre, bis die Serienproduktion anläuft. Zunehmend werden diese Zeitspannen aber von den Firmen wegen des starken Wettbewerbsdrucks deutlich verkürzt.

Die Natur als Erfinderin

Sechs Forscherteams gewinnen beim BMBF-Bionikwettbewerb



Wasserjagdspinne mit silbriger Luftschicht

Sie stürzt ins Wasser, packt tauchend ihre Beute und kehrt ans Land zurück – so trocken, als wäre sie nie im Wasser gewesen. Was die Wasserjagdspinne kann, soll künftig auch für Strandurlauberinnen und Strandurlauber möglich sein: Sie könnten bald dank einer neuen Erfindung mit trockener Badehose aus dem Meer zur Sonnenliege zurückkehren – ohne Beute, versteht sich. Möglich machen dies Bionikerinnen und Bioniker – Forscher, die biologische Prinzipien in technische Anwendungen umsetzen. So fand das Team von Prof. Dr. Wilhelm Barthlott und Zdenek Cerman von der Universität Bonn heraus, dass die Wasserjagdspinne von einer Luftschicht umgeben ist, die sie beim Tauchen trocken hält. Nach diesem Vorbild entwickelten die Bonner einen wasserabstoßenden Stoff und gewannen damit beim BMBF-Wettbewerb „Bionik – Innovationen aus der Natur“, der am 7./8. März 2005 in Berlin stattfand. 150 Forscherteams reichten ihre Ideen ein, 30 wurden mit insgesamt einer Million Euro unterstützt, sechs von ihnen gewannen schließlich und werden jetzt jeweils mit bis zu 200.000 Euro gefördert.

Zu den Gewinnern zählen auch zwei Projekte der Technischen Universität Berlin:

■ Dr. Konstantin Kebkal und sein Team stellten fest, dass Delfine beim Unterwasserplausch ihre Stimme und damit den Frequenzbereich ändern. Signale und Echos können sich dadurch nicht stören. Nach dem Delfinprinzip baute Kebkal zusammen mit der jungen Bionikfirma EvoLogics ein Ultraschallmodem, das bei der Datenübertragung unter

Wasser besonders unempfindlich gegen Störungen und zugleich sehr leistungsfähig ist. Interessant könnte das Modem unter anderem für Tsunamiwarngeräte werden.

■ Prof. Dr. Ingo Rechenberg und sein Team zogen sogar in die Wüste, um das Geheimnis der Sandskinke zu lüften. Mit ihrer einzigartigen Schuppenhaut schwimmen diese Eidechsen durch den Sand wie Fische durchs Wasser. Ihre Haut ist reibungsärmer als Stahl oder Teflon – ein Traum für Ingenieure, die verschleißfreie Oberflächen entwickeln. Rechenbergs synthetische Sandskinhaut könnte künftig etwa in Mehrweg-Plastikflaschen zum Einsatz kommen.

Mutter Natur inspiriert auch die Medizin:

■ Dr. Stefan Schulz und seine Kollegen vom Forschungszentrum Karlsruhe entwickelten ein Instrument zur Darmspiegelung, das etwa zur Krebsvorsorge eingesetzt werden kann. Der Vorteil: Darmuntersuchungen werden schonender. Natürliche Vorlage der Erfindung sind die Kriechtechnik der Raupe und das Kniegelenk der Chilenischen Vogelspinne.

Auch die Idee des Teams um Prof. Dr. Arnim von Gleich von der Universität Bremen überzeugte die Jury:

■ Perlmutter – der Stoff, der Muscheln hart macht – könnte in künstlicher Form etwa für bruchfeste Zahnimplantate genutzt werden. Wer künftig beim Strandurlaub die schimmernde Innenseite gesammelter Muscheln bewundert, der ist der Bionik ein Stück näher gekommen – ganz nah, wenn er dabei auch eine trockene Badehose trägt.

Borsten einer Wasserjagdspinne



Nie wieder stumpfe Messer

Ratten nagen sich mühelos durch Holz oder Metall.

Ihre Zähne bleiben dabei scharf – ein Leben lang. Wie

machen sie das? Jürgen Bertling und Marcus Rechberger

vom Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits-

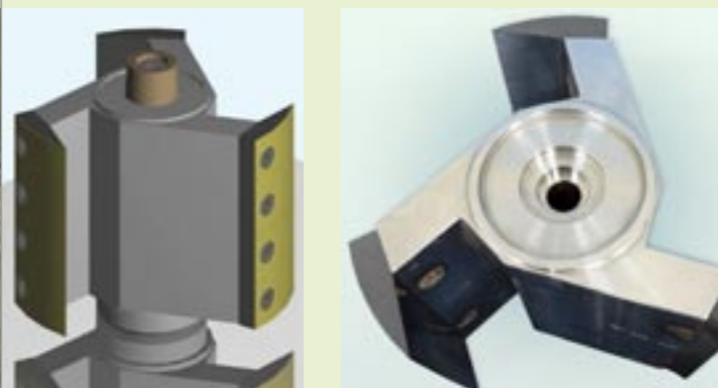
und Energietechnik in Oberhausen sind diesem Ge-

heimnis auf den Grund gegangen und entwickeln nun

Messer, die sich selbst schärfen. Mit ihrer Erfindung

gewannen sie beim Bionik-Wettbewerb. Ein Gespräch

mit Jürgen Bertling.



Herr Bertling, warum bleiben Rattenzähne immer scharf?

Bertling: Nagetierzähne haben eine harte, mit Schmelz überzogene Vorderseite und eine weiche Rückseite, die beim Nagen abgeschliffen wird. Dadurch steht stets eine messerscharfe Kante hervor. Der Vorteil der Zähne ist, dass sie nachwachsen ...

... was man von Ihren Messern nicht erwarten kann. Was ist das Besondere an Ihrer Erfindung?

Bertling: Wir haben das Prinzip der Rattenzähne auf unsere Messer übertragen, die so lange scharf bleiben, bis sie vollständig abgenutzt sind. Das spart Energie und Kosten: Bei industriellen Schneidverfahren, wie etwa beim Schneiden von Papier für Zeitschriften, muss die Produktion nicht ständig gestoppt werden, um die Messer auszubauen, sie zu schleifen und wieder einzubauen. Und scharfe Messer verbrauchen deutlich weniger Energie beim Schneiden als stumpfe Messer.

Wozu werden Ihre Messer eingesetzt und ab wann werden sie auf dem Markt sein?

Bertling: Das Einsatzgebiet reicht vom Schneiden elastischer Stoffe wie Gummi über die Holz- bis hin zur Metallverarbeitung. In etwa zwei Jahren sollen die ersten Messer auf den Markt kommen.

Das freut bestimmt auch Köche, die sich ständig über stumpfe Messer ärgern.

Bertling: Die Messer müssen haargenau auf das Material abgestimmt sein, das geschnitten wird. Wenn Köche mit einem „bionischen“ Messer für harte Karotten auch Fleisch schneiden, ist die Belastungssituation nicht mehr definiert und das Messer wird unter Umständen stumpf. Für jedes Material ein spezielles Messer – da müssten sich viele Köche erst dran gewöhnen. Deshalb sind unsere Messer in erster Linie für Maschinen vorgesehen.

Das Vorbild der Natur, der Schädel einer Wasserratte (oben), wurde in die Technik umgesetzt. Das Ergebnis: der Prototyp eines Schneidwerkzeuges (unten).



Patente aus dem Meer fischen

Frau Prof. Dr. Antonia Kesel ist die weltweit erste Leiterin eines Bionik-Lehrstuhls. An der Hochschule Bremen bringt sie Studentinnen und Studenten bei, wie man die Natur versteht – und daraus technische Anwendungen zaubert.

„Ich liebe das Meer“, sagt Antonia Kesel, „nur leider ist fast immer Ebbe, wenn ich komme.“ Die Professorin und Leiterin des weltweit ersten Bionik-Studiengangs an der Hochschule Bremen stammt aus Saarbrücken. Sie brauchte eine ganze Weile, bis sich ihr Herzenswunsch erfüllte und sie schließlich bei der Meeresforschung landete. Doch erforscht sie weder Algen noch Zooplankton. Kesel ist vor allem damit beschäftigt, „Patente aus dem Meer zu fischen“. Sie betrachtet die Natur als Lehrmeister, versucht biologische Prinzipien zu verstehen und so umzusetzen, dass sich daraus technische Anwendungen entwickeln lassen. Diese Verschmelzung von Biologie und Technik – die Bionik – bringt seit einigen Jahren erstaunliche Erfindungen hervor, deren Vorlage die Evolution in Jahrmillionen geschaffen hat. Kesel wiederum bringt seit zwei Jahren Studentinnen und Studenten in Bachelor- und Master-Studiengängen das bionische Handwerkszeug bei – biologische Grundlagen und Ingenieurs-Know-how.

Drei Bereiche interessieren die Forscherin besonders – erstens die biologischen Materialien aus dem Meer, zweitens die Baupläne der Organismen und drittens deren Möglichkeiten, sich fortzubewegen. „Gerade bei den Werkstoffen bietet uns die Biologie phantastische Dinge – etwa die Unterwasserkleber der Seepocken.“ Die kleben ihre Kalkscha-

le derart fest an feuchte Untergründe, dass keine noch so mächtige Welle sie fortreißen kann. Das schafft kein Industriekleber. „Und die Miesmuschel hat sogar ihr eigenes Lösungsmittel dabei – um ihre Haltefäden zu lockern, wenn sie weiterwandern will.“ Kesel arbeitet eng mit Forschungsinstituten und Firmen in Bremen zusammen, etwa dem Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, das ebenfalls an Bio-Klebern arbeitet. In ihrem Labor entstehen Ideen für neue, ungiftige Schutzanstriche für Schiffe – etwa eine künstliche Haifischhaut. Die ist elastisch, was das Anwachsen von Seepocken oder Muscheln verhindert. Zudem ist sie mit einer feinen Zähnchenstruktur überzogen, die die Strömung verbessert. „Was die Studenten so entwickeln, ist verblüffend“, sagt die 43-jährige. „Manchmal beneide ich sie um ihre Möglichkeit, so frei zu forschen.“ Denn der Aufbau des neuen Studiengangs lässt ihr kaum mehr Raum für eigene Experimente.

Bionikerin Prof. Dr. Antonia Kesel



Visionär des Lichts

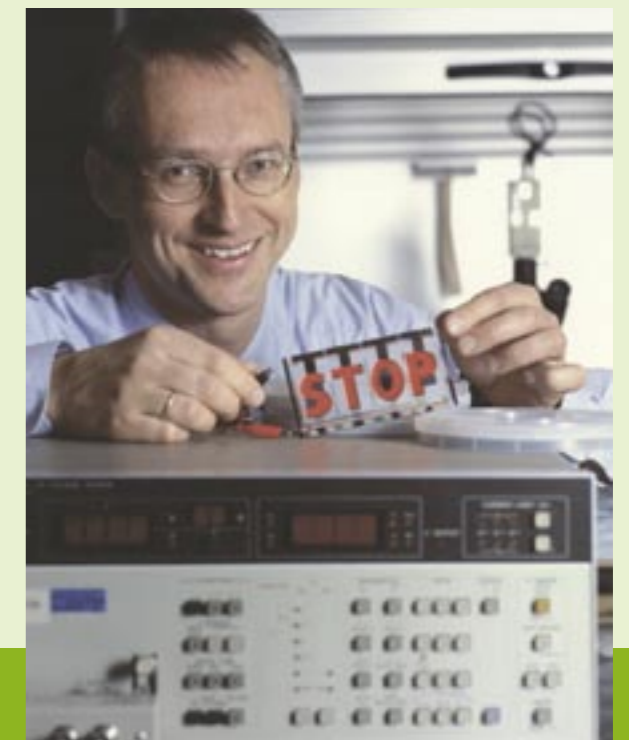
Prof. Dr. Karl Leo ist einer der weltweit führenden

Experten für OLEDs – leuchtende Kunststoffe, die künftig eine neue Ära in der Beleuchtungs- und Displaytechnik einläuten werden.

Mit herkömmlichen Glühlampen oder Neonröhren hat Karl Leo nicht viel am Hut. Wenn er in seinem Labor den Strom einschaltet, bringt er Kunststoff zum Leuchten. Auf den Arbeitstischen erstrahlen dünne, beschichtete Glasscheiben in hellem Glanz – in Rot, Grün oder Blau. Karl Leo ist Professor für Optoelektronik am Institut für Angewandte Photonik der TU Dresden und einer der führenden Entwickler von OLED (organische Leuchtdioden). Dabei handelt es sich um dünne Kunststoffschichten, die beim Anlegen einer Spannung Licht aussenden. Erste OLED werden bereits als Displays in Autoradios, Mobiltelefonen und Digitalkameras eingesetzt. Das Besondere: OLED sind äußerst effizient, im Vergleich zu Glühlampen oder herkömmlichen Displays sparen sie Energie. Ein weiterer Vorteil: Künftig können die Kunststoffe auf flexible Folien aufgedruckt werden. Wie Frischhaltefolie könnte die Lampe der Zukunft als Meterware von der Rolle gefertigt werden. Daraus ergeben sich ganz neue Anwendungsmöglichkeiten: So könnten etwa Tapeten als Lichtquelle oder gar als Fernseher dienen. Noch ist es freilich nicht so weit. Derzeit beschichtet Leo in seinem Labor vorwiegend Glas mit dem Leuchtplastik. Der gebürtige Freiburger arbeitet seit gut zehn Jahren an der Technischen Universität Dresden. Bereits zu DDR-Zeiten, Mitte der 80er Jahre, hatten dort Forscherinnen und Forscher an der Entwicklung praxistauglicher organischer Leuchtstoffe gearbeitet – ursprünglich, um damit eine ostdeutsche Farb-Videokamera zu bestücken. Der Festkörperphysiker Leo verstärkte das Forscherteam 1993 nach seiner Habilitation an der RWTH Aachen. Er brachte sein Wissen über die Realisierung effizienter Halbleiterbauelemente mit und verband es mit dem Dresdner Know-how über die Beschichtung mit organischen Materialien.

Die unter Leos Regie fortan entwickelten OLED waren so leistungsfähig, dass sich die TU-Forscherinnen und Forscher und die kooperierende Arbeitsgruppe am Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme entschlossen, die Firma Novalad zu gründen. Derzeit setzt das Unternehmen in Kooperation mit der Industrie die Technik in industrielle Anwendungen um. „Dresden“, sagt Leo, „ist ein wunderbarer Ort für meine Forschung. Hier treffen sich viele Experten verschiedener Disziplinen, die ständig in Bewegung sind und an der vordersten Front der technischen Entwicklung sein wollen.“

Physiker Prof. Dr. Karl Leo



Warmes Licht an dunklen Tagen

Im Projekt „NanoLux“ werden umweltfreundliche Lichtquellen entwickelt, die völlig neue Beleuchtungsmöglichkeiten bieten: In Zukunft könnten dunkle Kellerräume in warmem Sonnenlicht erstrahlen und Autos um die Ecke leuchten.

Wenn in der Arena AufSchalke ein Tor fällt, jubeln 60.000 Menschen und hunderttausende Leuchtdioden erstrahlen auf dem riesigen Videowürfel in der Mitte des Stadions – das Tor wird auf den vier Bildschirmen wiederholt.

Leuchtdioden – kurz: LED (Licht emittierende Dioden) – haben den Sprung aus der rot leuchtenden Digitalanzeige des Radioweckers auf die Stadionleinwand geschafft. Jetzt arbeiten Fachleute im Forschungsverbund NanoLux am nächsten Entwicklungsschritt – der weißen LED.

Weißer LED sind wahre Alleskönner

Sie bestechen durch ihren geringen Energieverbrauch, ihre hohe Lebensdauer und die freie Formgestaltung. Das schont nicht nur die Umwelt, sondern eröffnet auch ganz neue Anwendungs- und Designmöglichkeiten.

Mit weißen LED werden selbst schummerige Krankenhaushalle und dunkle Büroräume in ein angenehmes Licht getaucht. Sogar der Tagesverlauf der Sonnenstrahlung lässt sich nachahmen – helle, frische Töne am Mittag, warme, rötliche Töne gegen Abend. Eine bislang unbekannte Wohlfühlatmosphäre entsteht.



Leuchtdiodenwürfel in der Arena AufSchalke

Das weiße Licht der neuen LED wird durch die Umwandlung blauen Diodenlichts gewonnen. Kam es bislang zu unerwünschten Farbverläufen im weißen Diodenlicht, so ist es inzwischen dank neuer Nanomaterialien gelungen, Dioden mit sehr gleichmäßiger Lichtabstrahlung herzustellen. Auch die Helligkeit hat sich deutlich verbessert. Forscherinnen und Forscher entwickeln sparsame Autoscheinwerfer, die so hell wie Xenon-Lichter, aber flacher und energiesparender sind. Da sich Weißton und Helligkeit der Leuchtdioden unterschiedlich einstellen lassen, könnten im Scheinwerfer der Zukunft viele Dioden mit verschiedenen Leuchtstärken kombiniert werden. Je nach Fahrsituation erstrahlt das richtige Licht, ob bei Gegenverkehr oder im Nebel. Durch geschickte Positionierung vieler LED in unterschiedlichen Abstrahlwinkeln wird es sogar möglich, mit dem Auto um die Ecke zu leuchten und beispielsweise Gefahrensituationen in Kurven früher zu erkennen.

Weißer LED werden dank ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten und ihrer Energieeffizienz nicht nur die Beleuchtung revolutionieren. Die Wunderlampen „made in Germany“ verfügen dadurch auch über ein enormes Marktpotenzial.

Leuchtdioden glänzen durch kleine Abmessung, Unzerbrechlichkeit und eine lange Lebensdauer.

Femtonik – Ultrakurz und hochpräzise

Der Femtosekundenlaser hat das Potenzial zum Werkzeug der Zukunft. Seine Anwendungsgebiete reichen von A wie Autobau bis Z wie Zahnmedizin.

Dieses Werkzeug ist so schnell und präzise wie kein anderes: Der Femtosekundenlaser schießt Lichtblitze hervor, die nur wenige billionstel Sekunden lang sind. Das ist unvorstellbar kurz: Während ein Lichtstrahl in einer Sekunde von der Erde fast bis zum Mond rast, kommt er in einer Femtosekunde lediglich den hundertsten Teil einer Haaresbreite voran. Der Vorteil des Femtosekundenlasers: Da die Lichtblitze so kurz sind, erhitzt sich die Umgebung der bearbeiteten Fläche nicht. Im Material entstehen weder Risse noch Spannungen.

Das eröffnet vielseitige Anwendungsmöglichkeiten, etwa in der Medizin: So entwickelt die Jenoptik L.O.S. GmbH gemeinsam mit den Zahnärzten Paul Weigl aus Frankfurt am Main und Anton Kasenbacher aus dem bayerischen Traunstein einen Femto-Bohrer, mit dem Karies künftig schmerzfrei entfernt werden kann. Das Besondere: Die kurzen Laserpulse reizen im Gegensatz zum heutigen Bohrer nicht den Zahnnerv. Der Laser dient zugleich als Analysegerät, das gesundes Zahnbein von kariösem unterscheidet. Damit könnte Karies mit Mikrometerpräzision herausoperiert werden.

Ein „optisches Skalpell“

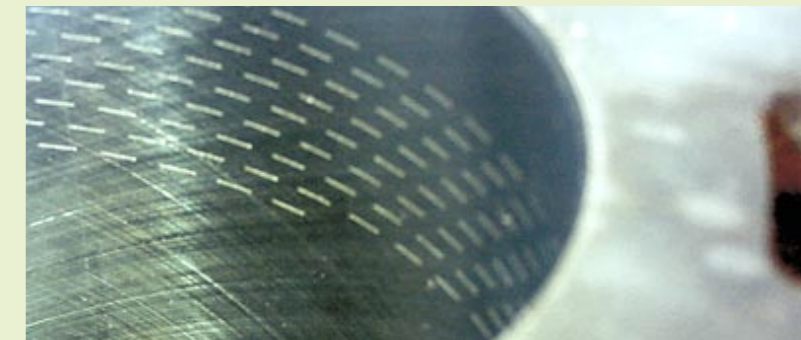
Auch für knifflige Operationen ist der Femtosekundenlaser ein ideales Werkzeug: Die Rowiak GmbH aus Hannover hat ein „optisches Skalpell“ entwickelt, das sich die Tatsache zu Nutze macht, dass Laserlicht auch zur Erzeugung von Bildern genutzt werden kann. So schneidet das Gerät nicht nur mikrometergenau Tumore oder Verwachsungen an den Gehörknöchelchen heraus, sondern liefert zugleich Bilder aus dem Gewebe. Damit können Arzt oder Ärztin genau sehen, was sie mit dem Laser schneiden. Verletzungen umliegender Gewebe oder gar der Nervenbahnen werden verhindert.

Mit dem Femtosekundenlaser läuft auch das Auto wie geschmiert: Die Gehring GmbH & Co. KG aus Ostfildern hat ein Verfahren entwickelt, mit dem sich feine Strukturen in die Innenwände von Zylinderlaufbahnen schneiden lassen. Durch dieses „Laser-Honen“ entstehen winzige Vertiefungen für Schmieröl. Derartige Schmierölvertiefungen und

glatte Oberflächen verringern die Reibung von Kolben und Zylindern. Der Verschleiß sinkt um mehr als 50, der Ölverbrauch gar um rund 70 Prozent. Mit der Femtonik lässt sich Kraftstoff nicht nur dank der guten Schmierung sparen: Auch Einspritzdüsen der nächsten Generation werden mit dem Femtosekundenlaser gebohrt – das senkt den Kraftstoffverbrauch und schont Umwelt und Geldbeutel.

Angesichts der besonderen Eigenschaften des Femtosekundenlasers erwarten Fachleute in den kommenden Jahren einen Boom der ultrakurzen Laserpulse.

Von oben nach unten: Laserzylinder; gelaster Zylinder; Struktur



Gezielte Heilung

Nanotechnologie eröffnet der Medizin neue Perspektiven

Unser Gehirn ist ein kostbares Gut, das der Körper zu schützen weiß. Fast alle Stoffe, die über die Blutbahnen das Hirn infiltrieren und bei seiner Arbeit stören könnten, werden an der so genannten Blut-Hirn-Schranke abgewiesen. Das ist meistens gut so. Wenn allerdings Ärzte einen Hirntumor mit Medikamenten behandeln wollen, wird aus diesem Schutzmechanismus ein lebensbedrohliches Problem. Denn auch die helfenden Wirkstoffe lässt der Körper nicht ins Hirn.

Forscherinnen und Forscher arbeiten an einer Lösung für dieses Dilemma und setzen dabei auf die Nanotechnologie (nano = griech. Zwerg). Der Trick: Die Wirkstoffe werden in winzig kleine Pakete verpackt, die nur wenige millionstel Millimeter messen. Als Hülle dienen dabei spezielle Polymer-Moleküle, die vom Immunsystem des Körpers toleriert werden. Solche Winzlinge durchdringen selbst dichte Zellmembranen. Ja mehr noch: Die Nanopartikel können Erkennungsmerkmale für bestimmte Zelltypen tragen – gewissermaßen als Adresse. So transportieren sie Medikamente genau an den gewünschten Wirkungsort.

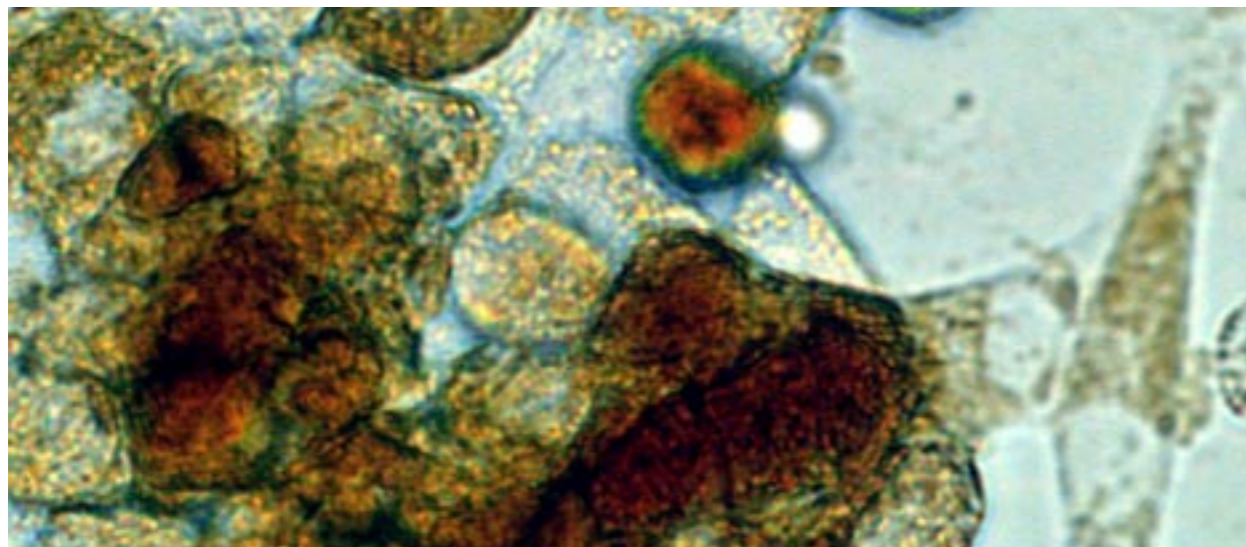
Das nanotechnologische „drug-targeting“ hat nicht nur den Vorteil, selbst schwer zugängliche Stellen wie das Hirn im Körper zu erreichen. Weil der Medikamententransport zielgenau funktioniert, können die Ärzte allgemein mit weitaus geringeren Wirkstoffmengen arbeiten. Dadurch reduziert sich die Gefahr von Nebenwirkungen. Im Nanomaßstab reagieren viele Stoffe anders als in größeren Strukturen. Eisenoxid beispielsweise ist als Nanopartikel

superparamagnetisch. Sein Magnetismus lässt sich durch ein Magnetfeld von außen ein- und ausschalten. Macht man dies sehr schnell, erhitzen sich die Eisenteilchen. Dieser Effekt lässt sich in der Krebstherapie nutzen.

Mit Nanostrukturen lassen sich Grenzen zwischen Biologie und Technik überwinden. Die Oberfläche von Prothesen kann mit Hilfe der Nanotechnologie so gestaltet werden, dass sie vollkommen „biokompatibel“ sind: Die Prothesen werden dann vom Körper nicht mehr als Fremdkörper wahrgenommen.

Selbst außerhalb des Körpers dienen Nanopartikel unserer Gesundheit: In Sonnencremes schützen Nanokügelchen aus Titandioxid die Haut, indem sie gefährliche UV-Strahlen einfach zurückspiegeln und sichtbares Licht ungehindert passieren lassen. Diese Eigenschaft schmeichelt auch unserer Eitelkeit. Früher hinterließen Sunblocker mit Zinkanteilen auf der Haut einen unästhetischen weißen Film. Sonnencreme mit Titanoxid hingegen bleibt auf der Haut transparent.

Zellen eines Hirntumors, in die Millionen winziger Eisenpartikel eingeschleust wurden.



Mit Nanopartikeln gegen Krebs

Die Berliner MagForce Nanotechnologies GmbH hat ein Verfahren entwickelt, um winzig kleine Eisenoxidpartikel in Tumorzellen einzuschleusen. Dort werden die Nanopartikel durch ein Magnetfeld gezielt erhitzt, was die Krebszellen schwächt oder sogar absterben lässt. Ein Gespräch mit MagForce-Geschäftsführer Dr. Andreas Jordan über die Perspektiven der Nano-Krebstherapie.

Herr Jordan, wie kommen die Nanopartikel in die Tumorzellen hinein?

Jordan: Wir spritzen die Partikel direkt in den Tumor. Zudem sind die Eisenoxidteilchen von einer Hülle aus Silanen und bestimmten Biomolekülen umgeben. Schnell teilende Tumorzellen haben diese Hülle gewissermaßen zum Fressen gern und nehmen sie aktiv in sich auf, während gesunde Zellen dies nicht tun. Dadurch können wir erstmals ganz selektiv die Krebszellen angreifen.

Wie wirksam ist die Thermotherapie im Kampf gegen Krebs?

Jordan: 2004 haben wir die Machbarkeit unseres Verfahrens in einer so genannten Phase-I-Studie klinisch nachgewiesen. 15 Patienten mit einem Glioblastom, einem sehr bösartigen Hirntumor, wurden behandelt. Nach der gezielten Erhitzung bis über 50 Grad Celsius waren die Tumoren erkennbar geschwächt, gleichzeitig gab es keine Nebenwirkungen. In zwei Fällen ist der Tumor seither nicht mehr nachweisbar. Seit Anfang 2005 läuft eine Phase-II-Wirksamkeitsstudie mit 65 Glioblastom-Patienten.

Lassen sich mit dem Verfahren auch andere Tumorarten behandeln?

Jordan: Mit unserem Verfahren können wir jeden Tumor im Körper, egal wo er sich befindet, erreichen und aufheizen. Zusammen mit Fachkliniken der Charité führen wir bereits seit 2003 mehrere Studien durch mit Patienten, die an



Dr. Andreas Jordan, Biologe, Geschäftsführer der MagForce Nanotechnologies GmbH

Weichteiltumoren, Gebärmutterhalskrebs, Lebermetastasen oder Prostatakarzinom litten. In allen Fällen zeigen sich ähnliche Erfolge bei sehr guter Verträglichkeit. Auch hier gibt es einzelne Fälle mit kompletter Tumorrückbildung.

Sie schleusen Eisenpartikel in die Tumorzellen. Funktioniert diese Technik auch mit anderen Wirkstoffen?

Jordan: Mit Förderung durch das BMBF arbeiten wir daran, die Eisenoxidpartikel mit bestimmten Wirkstoffen zu beladen. Das Besondere daran: Die Wirkstoffe werden erst vor Ort durch die Wärme aktiviert. Das könnte in Zukunft die Verträglichkeit und Wirksamkeit einer Chemotherapie deutlich erhöhen.

Kann die Nanotechnologie die Krebstherapie revolutionieren?

Jordan: Wenn sich die ersten Erfolge unseres Verfahrens in weiteren klinischen Studien bestätigen, kann man durchaus von einem Durchbruch sprechen.

Die menschliche Seite des Staus

Forscherinnen und Forscher aus Bonn und Duisburg haben untersucht, wie Menschen auf bestimmte Verkehrssituationen reagieren. Daraus entwickelten sie eine Software, mit der Stau prognosen zuverlässiger werden.

Nichts geht mehr! Das ist häufiges Motto auf deutschen Straßen und Autobahnen: Quälend lange Staus stellen die Nerven von Autofahrerinnen und Autofahrern auf eine harte Probe und kosten nicht nur Geschäftsreisenden oder Speditoren wertvolle Zeit. Der ADAC geht davon aus, dass Staus allein in Deutschland jährlich Kosten in Höhe von rund 100 Milliarden Euro verursachen. Intelligente Verkehrsleitsysteme und Prognoseprogramme können schon heute Staus bis zu etwa einer halben Stunde im Voraus ansagen. Ein Faktor war bislang jedoch nur sehr schwer zu berechnen: der Mensch. Wie reagiert er auf Verkehrsdurchsagen?

Projekt „Survive“

Mit dieser Frage beschäftigte sich die Arbeitsgruppe von Nobelpreisträger und Wirtschaftswissenschaftler Professor Reinhard Selten von der Universität Bonn gemeinsam mit Stauforscher Professor Michael Schreckenberg von der Universität Duisburg. Im Projekt „Survive“ (Simulationsgestützte Untersuchung der individuellen Reaktion auf Verkehrsinformationen mit variierenden Entscheidungsgrundlagen) nahmen sie das Verhalten typischer Berufspendler unter die Lupe. Dabei kombinierten sie spieltheoretische Ansätze der Wirtschaftsforschung mit Methoden der Verkehrsphysik. Untersucht wurde, wie Menschen ihr Fahrverhalten ändern, wenn sie Informationen zur Verkehrslage erhalten. Aus den Reaktionen von 700 Testpersonen filterten die Forscherinnen und Forscher vier verschiedene Verhaltensmuster heraus. Sie dienen in Prognoseprogrammen dazu, menschliches Verhalten zu simulieren. Ergebnis der Experimente ist eine Software, die erstmals Vorhersagen ermöglicht, wie Fahrerinnen und Fahrer auf Verkehrsdurchsagen im Autoradio reagieren.

Die Simulationen menschlichen Verhaltens

Mit der Software werden Verkehrshinweise künftig noch präziser, da das menschliche Verhalten berücksichtigt und in die Stauprognose integriert wird. Das Konzept ist so viel versprechend, dass die Projektleiter Dr. Thorsten Chmura und Dr. Thomas Pitz im Frühjahr dieses Jahres die Firma smartmind consulting gegründet haben. Das Unternehmen will die Simulationen menschlichen Verhaltens zukünftig nicht nur deutschen Verkehrsplanern, sondern weltweit auch Wirtschaftsunternehmen anbieten. Immerhin lassen sich mit den Einblicken in die menschliche Psyche auch wirtschaftliche oder politische Entscheidungen simulieren.

Staus wie dieser sollen mit dem Projekt „Survive“ künftig vermieden werden.



Ausgerauscht

Dem Radio steht eine Renaissance bevor. Dank neuer Digitaltechnik verschwindet das Rauschen aus den Lang-, Mittel- und Kurzwellessendern. Deutsche Fachleute waren maßgeblich an der Entwicklung der Technik beteiligt, die fortan nicht nur Musik und Nachrichten, sondern auch Spezialfunktionen bietet.

Wer im Radio Nachrichten oder Musik hören will, schaltet meist auf Ultrakurzwelle; immerhin senden alle regionalen Radiostationen auf diesen Frequenzen – in Studioqualität. Vorbei sind die Zeiten, da man auf der knarrenden Lang-, Mittel- und Kurzwelle (LMK) nach interessanten Sendungen fahndete. In den kommenden Jahren dürften LMK aber eine Renaissance erleben, denn ein internationaler Zusammenschluss von Forschungsinstituten und Unternehmen hat die rund 80-jährige Technik einer Verjüngungskur unterzogen: LMK werden digital. Damit verbessert sich nicht nur die Klangqualität. Das Radio wird künftig zum Multifunktionsgerät, das spezielle Kanäle etwa für Nachrichten oder Reisetipps bietet. Maßgeblich beteiligt an der Entwicklung des neuen weltweiten Radios (Digital Radio Mondiale, DRM) waren Fachleute der Fraunhofer-Gesellschaft sowie unter anderem die Robert Bosch GmbH in Hildesheim und die Firma Sony in Stuttgart – gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Projekt RadioMondo.

Vorteil der guten alten LMK ist ihre große Reichweite. So wandert manches Programm um die halbe Welt.

Allerdings sind die Signale empfindlich gegen Störungen wie etwa ein Gewitter – zum Leidwesen der Zuhörerinnen und Zuhörer. Das digitale Radio macht damit Schluss. Fortan wird der Trägerfrequenz ein digitales Signal aufgespielt. Dabei wird die Information in kleine Häppchen verteilt und parallel versendet. Der Vorteil: Da mehrere Kopien der Datenhäppchen verschickt werden, wird das Signal unempfindlich gegen Störungen. Ist ein Teil der Information zerstört, wird der Fehler durch die Datenklone korrigiert. Dazu sind spezielle Sendemodule nötig. Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen in Erlangen war entscheidend an der Entwicklung der Sende- und Empfangsmodule sowie der nötigen Rundfunkstandards beteiligt. Verblüffend ist, dass das Sendemodul auf einer Frequenz gleichzeitig bis zu vier verschiedene Informationskanäle verschickt, die ausschließlich Nachrichten, Musik oder Staumeldungen enthalten. Inzwischen sind erste Empfänger auf dem Markt, die DRM nutzen und zeigen, wie das Radiohören in Zukunft aussieht. Statt mühsam zwischen knarrenden Sendern zu wählen, kann man seinen Wunsch – etwa „Nachrichten“ – anhand eines Menüs aussuchen. Umgehend zeigt der Empfänger eine Auswahl an entsprechenden Kanälen – alle mit perfektem Klang.

Kollege Roboter



In Zukunft werden Roboter Hand in Hand mit Menschen zusammenarbeiten. Fachleute machen die Maschinen jetzt fit für die Gruppenarbeit.

Roboter schweißen oder heben schwere Bleche. Die stummen Diener sind fester Bestandteil großer Fabriken – vor allem bei den Automobilherstellern. Doch bislang sind sie vor allem eines – dumm. Stets verrichten sie dieselben Bewegungen. Damit nichts passiert und sie weder mit Mensch noch Maschine kollidieren, werden sie hinter Sicherheitszäune gesperrt.

Doch es tut sich etwas: Firmen und Fachleute arbeiten daran, Roboter schlauer zu machen. Schon bald werden Roboter dem Menschen direkt zur Hand gehen oder mit anderen Maschinen im Team arbeiten. Mehr noch: Sie werden flexibel auf eine neue Umgebung reagieren, statt immer dieselbe Bewegung am selben Ort zu verrichten. Damit könnten erstmals auch kleine Unternehmen Roboter nutzen. Denn bislang sind die Maschinen zu unflexibel, um schnell an häufig wechselnde Produkte angepasst zu werden.

Ausgesprochen flexibel dagegen ist der Assistenzroboter rob@work, der unter der Leitung des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart entwickelt wurde und sich für verschiedene Arbeiten einsetzen lässt. Dazu muss ihn der menschliche Partner an die Hand nehmen, das Werkzeug – zum Beispiel

die Schweißpistole – in die richtige Position rücken und auf Knopfdruck starten. Auch ein Arbeitsplatz der Zukunft ist am IPA entstanden – das team@work: Mensch und Maschine arbeiten dort Hand in Hand. Der Roboter übernimmt dabei monotone Tätigkeiten, wie etwa das Verschrauben eines Gehäuses. Sicherheitssensoren und Lichtschranken steuert die Sick AG aus Waldkirch bei, Industrieroboter-Expertise die Firma Reis-Robotics aus Obernburg.

Die ABB AG in Ladenburg koordiniert derzeit die Entwicklung eines tragbaren Roboters, der sich in einer Werkhalle von einem Arbeitsplatz zum nächsten bewegen lässt. Er wird mit speziellen Greifern ausgestattet, die immer wieder andere Bauteile schnappen können. Das macht ihn vor allem für mittelständische Unternehmen interessant. Fachleute vom Institut für Prozessrechenstechnik und Robotik der Universität Karlsruhe arbeiten ebenfalls daran, die Helfer aus Kabel und Stahl klüger zu machen. Dazu entwickeln sie zusammen mit dem Augsburger Roboterhersteller Kuka neue Verfahren, mit denen sich Bewegungsbahnen schneller eingeben lassen – etwa, indem man den Roboterarm entsprechend bewegt. Völlig neu ist, dass die Robotersteuerung automatisch mögliche Hindernisse in ihrer Umgebung im Voraus erkennt. Diese „kollisionsfreie Bahnplanung“ ist entscheidend für eine sichere Zusammenarbeit von Mensch und Maschine.

Altes Eisen in neuem Gewand

Stahl ist ein alter Werkstoff. Doch längst hat er sich zu einem Hightech-Material entwickelt. Was Stahl so vielseitig macht, erläutert Prof. Dr.-Ing. Matthias Niemeyer, Geschäftsführer der Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH.

Herr Professor Niemeyer, Stahl ist ein Werkstoffklassiker. Gibt es da eigentlich noch viel zu forschen?

Niemeyer: Selbstverständlich, die Ansprüche an den Stahl steigen ständig. In Deutschland ist vor allem die Autoindustrie ein wichtiger Schrittmacher. Stähle und daraus gefertigte Produkte sollen immer leichter, korrosionsbeständiger und zugleich crashstabiler werden.

Das heißt?

Niemeyer: Vor allem, dass wir den Kunden und seine Bedürfnisse verstehen müssen. Wir arbeiten eng mit den Automobilherstellern zusammen. In unseren Laboratorien stehen Anlagen, mit denen wir den kompletten Herstellungsprozess vom Schmelzen über das Walzen bis hin zum Lackieren oder Umformen der Bleche zu Karosserieteilen wie beim Autohersteller nachahmen. Die Kundennähe und das vorhandene Know-how, wie man gewünschte Stahleigenschaften einstellt, machen die Leistungsfähigkeit der deutschen Stahlproduzenten aus.

Und wie verändert man Stahleigenschaften?

Niemeyer: Derzeit sind so genannte hoch- und ultrahochfeste Stähle weiter im Kommen. Durch gezielte Wahl der Legierungsbestandteile, der Stahlinhaltsstoffe und durch Veränderung der Herstellungsbedingungen kann man sehr genau die Eigenschaften des Werkstoffs einstellen. Bleche können dünner ausgelegt werden, ohne dass die Stabilität der Karosserie darunter leidet. Damit lassen sich Rohstoffe sparen, und die Autos verbrauchen weniger. In anderen Fällen sind weiche Werkstoffe gefragt, die sich in den Pressen leicht zu komplexen Bauteilen formen lassen.

Damit wurde es möglich, in einem Schritt Karosserieteile herzustellen, die bislang aus mehreren Einzelteilen bestanden – eine echte Erleichterung.

Angesichts solcher Fortschritte könnte man meinen, dass der Stahl bald ausgereizt ist ...

Niemeyer: ... ich bin selbst immer wieder fasziniert, was mit Stahl alles möglich ist. Derzeit arbeiten wir an einer neuen Stoffklasse, den HSD-Stählen, die in Kooperation mit dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf entstanden sind und in einigen Jahren in die Serienproduktion gehen sollen, da für diese Werkstoffe noch an den notwendigen Herstellprozessen gearbeitet werden muss. Diese Stähle verbinden die Eigenschaften der sehr gut umformbaren Stähle mit den ultrahochfesten Stählen. Darüber hinaus haben sie noch eine verringerte Dichte im Vergleich zu konventionellem Stahl. Diese Stähle stellen einen Quantensprung in der Werkstoffentwicklung dar.

Prof. Dr.-Ing. Matthias Niemeyer, Geschäftsführer der Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH



Ideen sind Silber, Innovationen Gold – Das Geheimnis erfolgreicher Erfindungen

Prof. Dr. Hariolf Grupp ist Direktor des Fraunhofer-

Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) in

Karlsruhe. Wie sich eine Idee zu einer erfolgreichen Inno-

vation mausert, verrät der Wissenschaftler im Interview.

Herr Professor Grupp, wie entstehen eigentlich Innovationen und wie werden Erfindungen zu erfolgreichen Produkten?

Grupp: Erfindungen sind dann erfolgreich, wenn sie auf ein echtes Bedürfnis stoßen. Oder anders ausgedrückt: Die Forschung orientiert sich an einem Problem, das gelöst werden muss. Das Faxgerät, eine deutsche Erfindung, wurde in den 1980er Jahren erst in Japan ein Erfolg, weil es einen echten Bedarf gab, die komplexe japanische Schriftsprache zu übertragen. Das war mit dem Faxvorgänger, dem Telex, nicht möglich. Wie das Beispiel zeigt, hängt der Erfolg einer Idee oder Innovation also auch vom Kulturkreis ab.

Das heißt, man muss zur richtigen Zeit am richtigen Ort die Bedürfnisse der Menschen erkennen?

Grupp: So ist es. Und dazu ist vor allem eine enge Kommunikation zwischen Experten wichtig. Forscher müssen ihre aktuellen Ergebnisse nach außen tragen und die Industrie muss möglichst transparent ihre Probleme darstellen – und natürlich die Kosten. Nur gemeinsam kann man herausfinden, ob tatsächlich eine Nachfrage nach neuer Technik besteht. Ein Beispiel: Vor zwanzig Jahren gab es einen ersten Brennstoffzellen-Boom. Der kam zu früh und wurde nicht von der Masse nachgefragt. Angesichts steigender Rohstoffpreise und besserer technischer Lösungen dürfte die zweite Welle, die wir derzeit erleben, aber Erfolg haben.

Was sind die Voraussetzungen für einen erfolgreichen Technologietransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft?

Grupp: Der Technologietransfer kann nur dann echte Innovationen hervorbringen, wenn er die richtigen Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft zusammenbringt.

Nur dann findet man passgenaue Lösungen, die oft unscheinbar, aber von enormer Bedeutung sind – wie etwa vor einigen Jahren neue Ventile, die das Benzineinspritzen verbessert und Motoren viel sparsamer gemacht haben.

Der wahre Innovationstreiber ist also der Wunsch nach Problemlösung?

Grupp: Davon bin ich überzeugt. Nehmen sie zum Beispiel die Krebsforschung. Sie wird getrieben durch den weit verbreiteten Wunsch, die Krankheit zu bekämpfen. Ein anderes Beispiel: Automatische Programme, die am Telefon simultan übersetzen können, werden mit Sicherheit in Ostasien ihren Durchbruch erleben. In der westlichen Welt kommen wir mit Englisch gut über die Runden. In China aber gibt es eine Fülle von Sprachen. Hier besteht eine echte Nachfrage.

Prof. Dr. Hariolf Grupp, Direktor des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI)



Prometheus' Erben

Die Erlanger Firma Promeos hat ein völlig neues

Verbrennungskonzept entwickelt, das effizient und

umweltfreundlich Hitze erzeugt. Wie ein junges

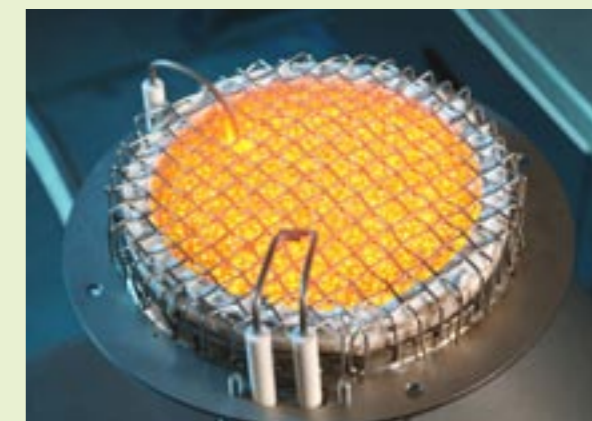
Unternehmen mit einer zündenden Idee Erfolg hatte.

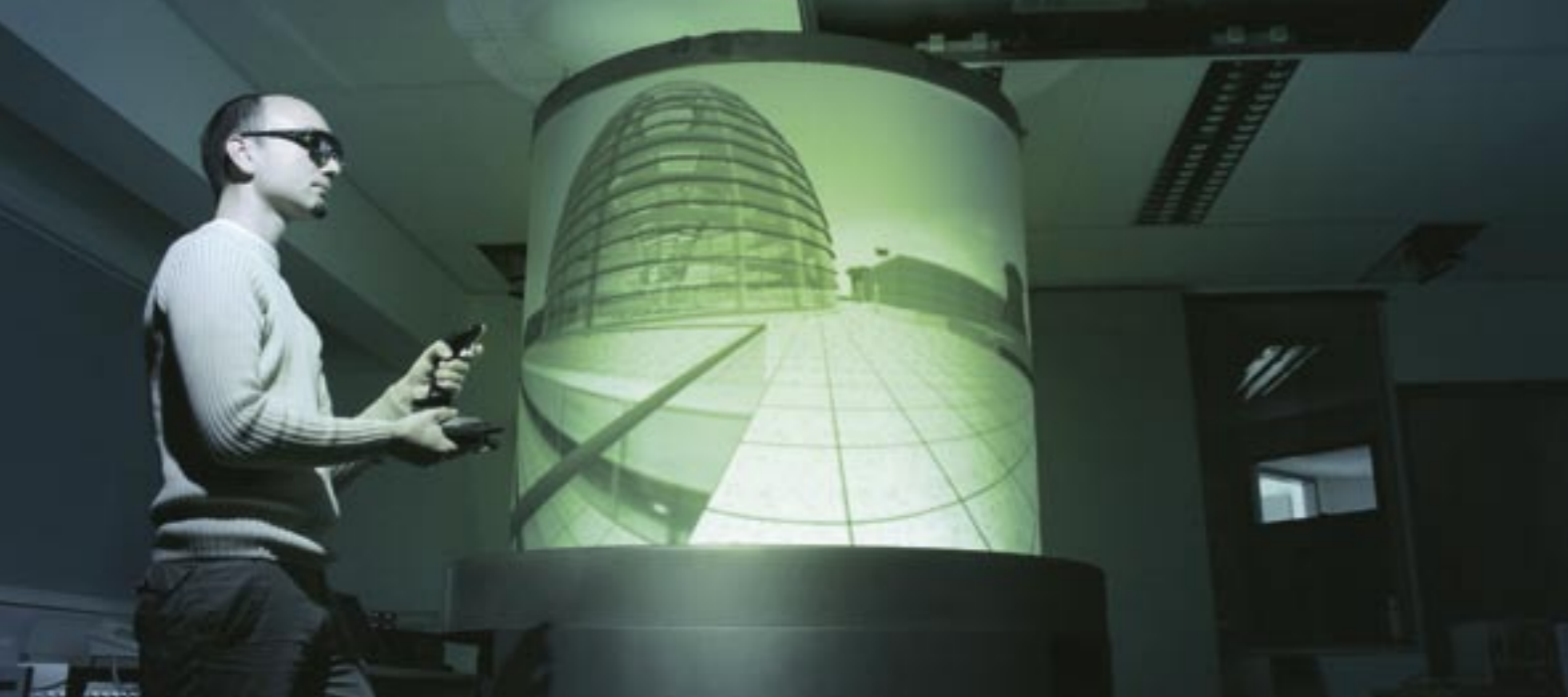
„Am Anfang steht man da mit nichts anderem als der Idee und der eigenen Persönlichkeit“, sagt Dr. Jochen Volkert, Geschäftsführer und Gründer der Promeos AG. Volkert startete mit seiner Idee und landete damit einen Volltreffer: Er gewann den Deutschen Gründerpreis 2004. Wie kam es dazu?

Was paradox klingt, ist der jungen Firma Promeos aus Erlangen gelungen: Sie verbrennt Gas oder Öl ohne Flamme. Seit zwei Jahren stellt das Unternehmen so genannte Porenbrenner her. Diese bestehen aus der Keramik Silizium-Karbid und ähneln einem Stahlschwamm. Die Keramik besitzt unzählige Poren, die winzige Reaktionskammern bilden. In denen verbrennen Öl oder Gas mit einer Temperatur von bis zu 1.400 Grad Celsius ohne Flamme. Der Vorteil: Die Brennstoffe lassen sich effizienter in Wärme wandeln als bei herkömmlichen Apparaten mit offener Flamme. Das spart Rohstoffe und reduziert die Menge schädlicher Abgase.

Das junge Start-up-Unternehmen hat gezeigt, wie sich mit einer guten Idee, mit Mut und Geduld eine erfolgreiche Firma gründen lässt. „Die Gründungsphase war das Schwierigste“, erinnert sich Volkert. Doch der 36-jährige Chemie-Ingenieur zeigte Durchhaltevermögen. Inzwischen hat die Firma 20 Mitarbeiter. Seit der Gründung im Jahr 2002 hat Promeos zumeist Spezialanfertigungen für größere Unternehmen gebaut – zunächst vor allem Gasbrenner. Bei den Ölbrennern besteht noch ein wenig mehr Entwicklungsbedarf. Ganz gleich, ob Gas oder Öl verfeuert werden, die Hitze des Keramikschwamms, seine Leistung, lässt sich sehr fein regulieren – besser als bei offener Flamme. Das macht den Porenbrenner in vielen Branchen zum Heizelement der Zukunft, etwa für die Stahl- und Glasverarbeitung oder die heimische Gastherme – mit positiven Auswirkungen auf die Heizkostenabrechnung. Dem Porenbrenner prophezeit Volkert eine erfolgreiche Zukunft. Immerhin ist der Einstieg in industrielle Nischen bereits geschafft. Als Nächstes wollen die Erlanger den Massenmarkt der privaten Haushalte erobern. Rund 1,5 Millionen Hausgeräte werden europaweit jährlich verkauft. Für Volkert ein erstrebenswerter Markt,

„auf dem freilich ein harter Preiskampf tobt“. Dem will sich Promeos schon in wenigen Jahren stellen, denn sparsame Brenner kann jeder Mensch gebrauchen.





Zauberhafter Zylinder

Die Litfaßsäule erlebt eine Renaissance. Als Ernst Litfaß

1855 in Berlin die erste Litfaßsäule aufstellte, staunten

die Städter. 150 Jahre später überrascht die Säule –

nun zum High-tech-Gerät aufgestiegen – die Betrachter

erneut: Sie projiziert Gegenstände dreidimensional

in den Raum.

Der Designer geht um sein neu konstruiertes Auto herum. Er prüft, an welchen Stellen noch der letzte Schliff fehlt, streckt seine Hand aus, um die Tür zu öffnen – und greift ins Leere. Was täuschend echt aussieht, ist die neueste Erfindung des Fraunhofer-Instituts für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik (FIRST) in Berlin: das VR (Virtual Reality) Object Display, eine digitale Litfaßsäule, die Gegenstände dreidimensional in den Raum projiziert.

„Mit dem VR Object Display haben wir eine ganz neue Möglichkeit entwickelt, virtuelle Gegenstände abzubilden“, sagt Ivo Haulsen, Projektleiter am FIRST. Wer um die 3D-Säule herumgeht, der kann ein Objekt von allen Seiten betrachten, ganz so als würde der Gegenstand im Inneren der Säule schweben. Der Betrachter nimmt den 3D-Effekt durch eine Spezialbrille wahr. Mit Hilfe mehrerer Computer, Bildprojektoren und einer speziellen Software werden die bewegten Motive auf das Display projiziert. Haulsen sieht zahlreiche Anwendungen: „Die Litfaßsäule kann zur Prototypen-Entwicklung von Fahrzeugbauteilen verwendet

werden, dank des detailgetreuen dreidimensionalen Eindrucks könnten aufwändige Modellanfertigungen entfallen.“ Das würde die Automobilentwicklung erleichtern und sie effizienter gestalten.

Das VR Object Display eröffnet noch weitere Möglichkeiten: Architektur- oder Designobjekte könnten künftig von allen Seiten betrachtet und über PC problemlos modifiziert werden. Dadurch könnte auf maßstabsgerecht verkleinerte Modelle verzichtet werden, die bislang vor dem Bau des Originals konstruiert werden mussten. Wertvolle Zeit und Kosten würden gespart. Darüber hinaus könnte die Säule in Museen für die Projektion von Kunstobjekten genutzt werden.

Neben dem dreidimensionalen Modus können beispielsweise für Werbezwecke auch zweidimensionale Filme, Fotos und Panoramen rund um die Säule gezeigt werden. Hierfür benötigt der Betrachter keine Spezialbrille.

Inzwischen existieren zwei funktionstüchtige Prototypen, die das FIRST im Kooperationsprojekt „Laser Cave“ unter anderem gemeinsam mit der Berliner Firma Idee gebaut hat. Der Messebauer nutzt dieses System bereits, um seine Messestände, Bühnenbauten und Kulissenteile vorher virtuell aufzubauen und seine Kunden durch diese Messestände oder Bühnen zu führen. Längst haben andere Firmen Interesse angemeldet. Derzeit laufen erste Kooperationsverhandlungen.

Der Weg zur Rundumsicht

Die Entwicklung des etwa zwei Meter hohen Zylinders begann im Jahr 2001 mit kniffliger Programmierarbeit: Zunächst arbeiteten die Forscherinnen und Forscher mit einer gewöhnlichen Wand, einer so genannten Cave. Das ist eine große Projektionsfläche, die von hinten angestrahlt wird. Mehrere Projektoren warfen von Computern aufeinander abgestimmte Bildausschnitte so auf die Wand, dass sie sich zu einem Gesamtbild fügten. Doch die Spezialisten vom FIRST waren mit der Bildqualität nicht zufrieden. Wie konnte sie verbessert werden?

Bislang musste man die Projektoren aufwändig mit der Hand ausrichten, erreichte aber vor allem in den Schnittbereichen nicht die gewünschte Schärfe. Mit einem neuen Computerprogramm gelang es den Fachleuten, das Gesamtbild schärfer zu gestalten. Mehr noch: Das neue Programm war sogar so schnell, dass es in Sekunden die Einzelbilder analysierte und die Bildausschnitte einander anpasste.

Wie in einem 3D-Kino

2003 stellte das FIRST diese „Autokalibrierung“ auf der Computermesse Cebit auf einer flachen Wand vor. 2004 war das Verfahren bereits so weit gereift, dass es auf eine vom Betrachter weggewölbte Wand brillante Bilder warf – besser als auf einer flachen Wand konnten hier wie in einem



Links unten: Litfaßsäule heute; oben: Ernst Litfaß, Erfinder der Litfaßsäule

3D-Kino große Szenarien realistisch gezeigt werden. Der Nachteil: Kleinere Objekte, etwa Autos, ließen sich auf einer nach innen gewölbten Wand nicht wirklichkeitsnah darstellen.

Die FIRST-Experten forschten weiter, ließen sich ihre Erfindung noch einmal durch den Kopf gehen. Dann kam Ihnen die zündende Idee: Für den Menschen ist es viel natürlicher, beim Betrachten um einen Gegenstand herumzugehen. Wie ein reales Objekt müssen sich die Bilder zum Menschen hin wölben. Die Fachleute entwickelten eine ganz neue Art der Projektionsfläche – die gute alte Litfaßsäule erlebte ihre Renaissance. „Wir hatten zunächst an eine Art Projektionskugel gedacht“, erinnert sich Haulsen, „doch dann erschien uns die Säulenform sehr viel anwendungsnäher – schließlich kennt man eine solche Präsentationsfläche ja bereits seit Jahrzehnten.“

In ferner Zukunft könnte die 3D-Säule auch als Kommunikationsmedium dienen: Es ist durchaus denkbar, dass sich Menschen in verschiedenen Städten über moderne Litfaßsäulen zuwinken und unterhalten werden. Das ist eine Vision, von der Ernst Litfaß wohl kaum zu träumen gewagt hätte.

Service und Links

Wenn Sie an weiteren Informationen interessiert sind, Fragen zu den Projekten haben oder einfach nur mehr über unsere Arbeit erfahren wollen, rufen Sie uns an. Unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter helfen Ihnen gern weiter.

■ **Projektträger Deutsches-Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)**

Telefon: 0 22 03.6 01-35 82
 Fax: 0 22 03.6 01-38 03
 E-Mail: birgit.bott@dlr.de

www.pt-dlr.de

■ **Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PTKA-PFT)**

Margitta Alter
 Telefon: 0 72 47.82-52 81
 Fax: 0 72 47.82-54 56
 E-Mail: margitta.alter@ptka.fzk.de

www.produktionsforschung.de

■ **Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH**

Dr. Ulrike Mohr
 Telefon: 0 24 61.61 27 09
 Fax.: 0 24 61.61 23 98
 E-Mail: u.mohr@fz-juelich.de

www.werkstoffinnovationen.de

■ **TÜV Management Systems GmbH/ Projektträger Mobilität und Verkehr, Bauen und Wohnen**

Felix Fiseni
 Telefon: 02 21.6 50 35-126
 E-Mail: felix.fiseni@de.tuv.com

www.tuvpt.de

■ **Projektträger VDI Technologiezentrum GmbH (VDI TZ)**

Dr. Michael Gleiche
 Telefon: 02 11.62 14-586
 Fax: 02 11.62 14-484
 E-Mail: gleiche@vdi.de

www.vditz.de

Weitere Informationen finden Sie auch unter:

■ www.ptnetz.de

Förderberatung des BMBF:

- **Forschungsförderung**
 Telefonnummer: 0800.26 23 - 008 (kostenfrei)
- **KMU-Förderung**
 Telefonnummer: 0800.26 23 - 009 (kostenfrei)

www.foerderinfo.bmbf.de

Diese Druckschrift wird unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Misbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin/dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

