



Titelthema

Zwerge mit Riesenpotenzial

Nie mehr Fenster putzen, keine Flecken mehr auf der Kleidung, Sonnenbaden ohne Reue – Nano-Teilchen machen es möglich. Doch das ist erst der Anfang. Von der Nanotechnologie können alle Branchen profitieren – vom Autobau bis zur Medizin. Experten sagen der Zukunftstechnologie ein riesiges Marktpotenzial voraus.

Tasche auf, Sonnenmilch raus und dann kräftig eincremen. Das war diesen Sommer nicht nur am Badestrand ein alltägliches Ritual, wenn man einen Sonnenbrand vermeiden wollte. Für den wirksamen Schutz vor den gefährlichen UV-Strahlen sorgen in vielen Produkten winzige Nano-Teilchen. Mit bloßem Auge sind die Partikel nicht zu erkennen. Man braucht ein Rasterelektronenmikroskop, um die nur wenige Nanometer kleinen Teilchen aus Zink- oder Titandioxid zu sehen.

Ein Nanometer ist der Milliardste Teil eines Meters. Das ist so unvorstellbar klein, dass Vergleiche mit bekannten Dingen merkwürdig klingen. Ein menschliches Haar müsste man etwa 50 000-mal spalten, damit es einen Nanometer dünn wäre. Aber wer macht das schon? Und dass ein Fußball im Vergleich zur Erde, genauso klein ist, wie ein Nano-Teilchen im Verhältnis zum runden Leder, erleichtert die Vorstellung auch nur bedingt. Doch obwohl die Teilchen so unbeschreiblich klein sind, erwarten Experten wahre »Wunderdinge« von den Winzlingen. Sie sollen Autolacke ermöglichen, die auf Knopfdruck die Farbe ändern, Materialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften versehen oder Krebsmedikamente direkt ins Tumorgewebe schleusen. Die Nanotechnologie soll unseren Alltag ähnlich revolutionieren wie Dampfmaschinen oder der Computer. »Kein Lebensbereich und kein Zweig der Wirtschaft wird von den Auswirkungen der Nanotechnik unberührt

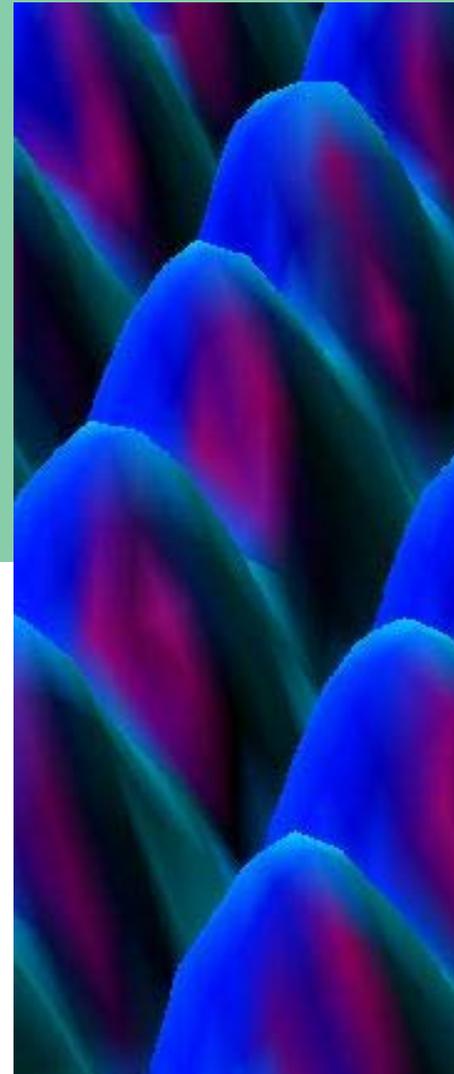
bleiben«, sagt der Nanowissenschaftler Prof. Wolfgang Heckl.

Doch was ist das Besondere an den Nano-Teilchen? »In der Nanowelt gelten andere Gesetze als in der Makrowelt. Bekannte Materialien verändern in Nanogröße ihre Eigenschaften. Die Stoffe haben andere Farben, Schmelzpunkte oder elektrische Leitfähigkeiten«, erläutert Dr. Karl-Heinz Haas, Leiter des Fraunhofer-Verbunds Nanotechnologie. Keramik wird transparent, Gold hat eine rote Farbe, Metalle werden zu Halbleitern. Eine weitere Besonderheit: Auf der Ebene der Atome und Moleküle verschmelzen physikalische, chemische und biologische Gesetze. Das ermöglicht neue interdisziplinäre Entwicklungen.

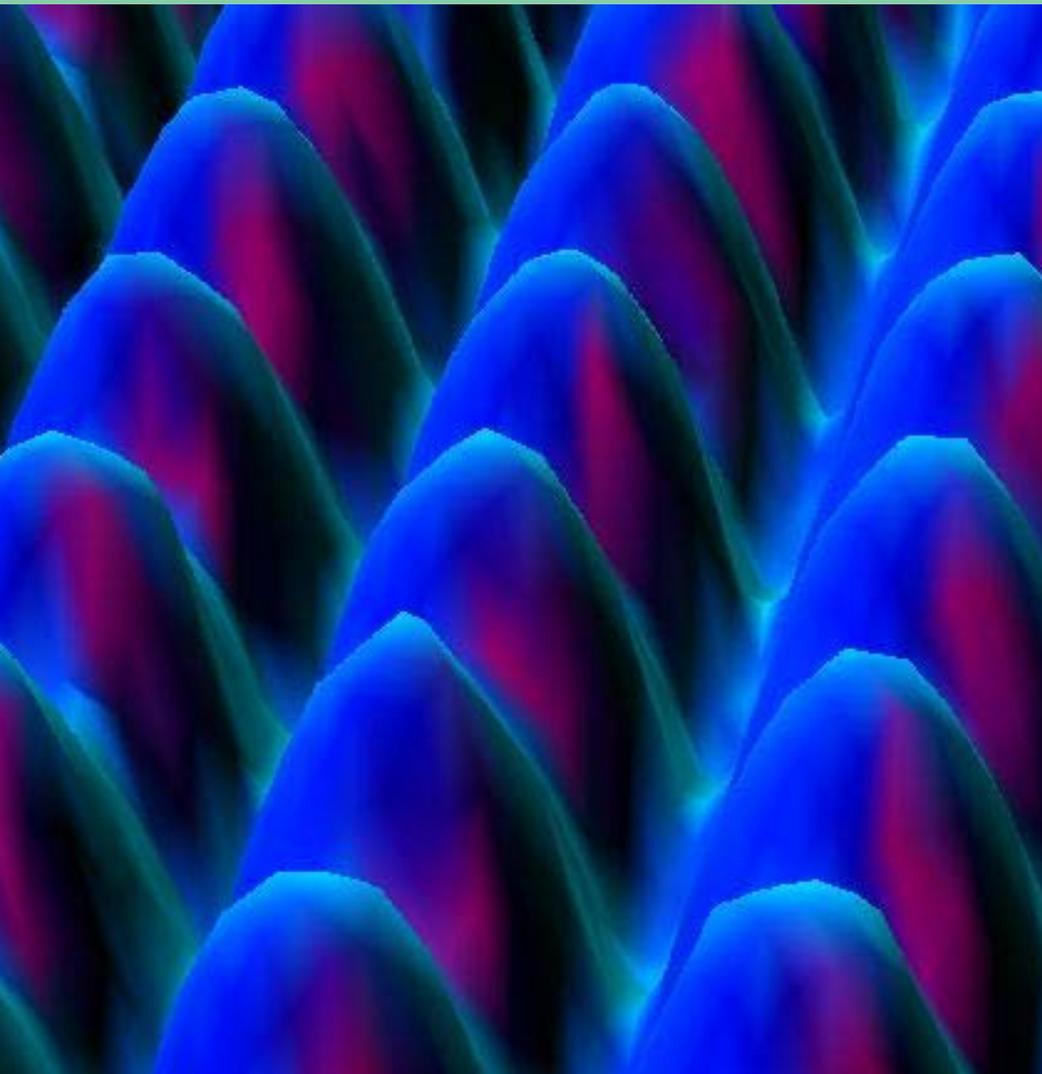
Zahlreiche Nanoprodukte sind bereits auf dem Markt: Nanoschichten machen Kunststoffgläser kratzfest, maßgeschneiderter Ruß sorgt für gute Haftung bei Autoreifen und neuartige Barrierefüllstoffe verhelfen Tennisbällen zu längerer Haltbarkeit. Der weltweite Umsatz mit Nanotechnologie beträgt nach Schätzung des Vereins Deutscher Ingenieure VDI schon heute mehr als 100 Mrd Euro und wird in den nächsten fünf Jahren auf über 500 Mrd Euro steigen. Die Marktforscher von Lux Research schätzen, dass im Jahr 2014 allein Nano-Materialien im Wert von 2,6 Billionen Dollar verkauft werden. Um einen möglichst großen Anteil an diesem künftigen Markt zu erhalten, investieren die großen Industrienationen massiv

in die neue Technologie. Die USA förderten im Vorjahr die Nano-Forschung mit etwa 850 Mio Euro. Japan gab 800 Mio Euro aus und in Deutschland wird die Nanotechnik mit 300 Mio Euro unterstützt. Laut einer Studie des VDI verfügt Deutschland über eine gute Ausgangsbasis und belegt bei den wissenschaftlichen Publikationen den dritten Platz hinter den USA und Japan. Allerdings gibt es Defizite in der kommerziellen Umsetzung, mahnen die Experten.

Dieses Manko versucht der Fraunhofer-Verbund Nanotechnologie (siehe Kasten S. 12) zu beheben. In dem Zusammenschluss werden die Kompetenzen von mehr als 20 Instituten gebündelt, um die Wirtschaft bei der Entwicklung von Nanoprodukten effektiv zu unterstützen. Ein Schwerpunkt ist



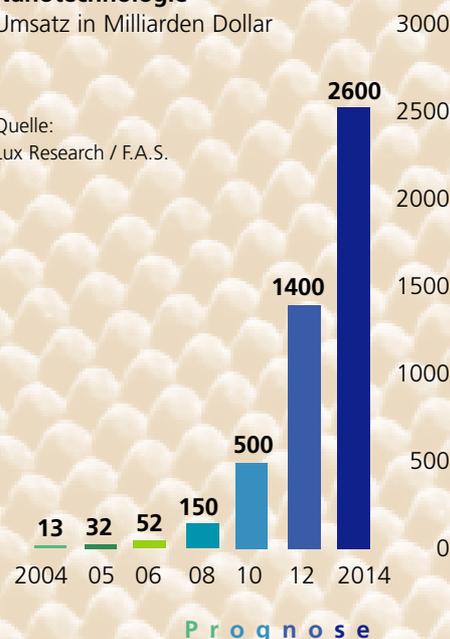
Das Rastertunnelmikroskops macht einzelne Atome sichtbar.
© IBM



Die Zukunft der Nanotechnologie

Umsatz in Milliarden Dollar

Quelle:
Lux Research / F.A.S.



krobielle Oberflächen interessant. Ziel ist es, das Ansiedeln und Aufwachsen von Mikroorganismen wie Bakterien, Hefen oder Pilzen zu hemmen oder zu verhindern.

Eine Möglichkeit, gefährliche Bakterien abzutöten, ist der Einsatz von Nanosilber. Werden Pinzetten, Katheter oder Implantate mit den winzigen Silberpartikeln beschichtet, haben Mikroorganismen kaum eine Chance zu überleben. Die Nanoteilchen zerstören die Enzyme, die die Nährstoffe für die Zelle transportieren, destabilisieren die Zellmembran, das Zellplasma oder die Zellwand und stören deren Zellteilung. Forscher am IFAM ist es gemeinsam mit der Firma Bio-Gate, einer Ausgründung aus der Universität Erlangen und dem IFAM, gelungen, durch nanotechnologische Methoden rein metallisches Silber in Form von feinsten Partikeln herzustellen. Diese können entweder in Kunststoffe oder flüssige Substanzen wie z. B. Lacke eingearbeitet werden oder als Nanokomposite Schicht auf z. B. metallische Bauteile aufgebracht werden.

Ein anderes Einsatzgebiet von Nanosilber sind Farben. Forschern des Fraunhofer ICT ist es in einem Forschungsprojekt mit dem Farbenhersteller Bioni CS GmbH gelungen, einen nicht-toxischen Anstrich zu entwickeln, der den Schimmelpilz- und Algenbefall auf Wand- und Fassadenflächen dauerhaft verhindert. Die neue Wandfarbe ist bereits seit einem Jahr auf dem Markt. Das in der Farbe eingesetzte Nanosilber hat einen

die Arbeit an Nanoschichten. Die feinsten Schichten veredeln Oberflächen, so dass sie fast jede gewünschte Funktion erfüllen – kratzfest, schmutzabweisend, elektrisch leitend oder antibakteriell (siehe Fraunhofer-Magazin 1.2005). Hier gelingt die kommerzielle Umsetzung gut. Bei klassischen Schutzschichten haben die Fraunhofer-Institute mit Diamant und diamantähnlichen Kohlenstoff-Schichten, aber auch mit nanoskaligen Hybridpolymeren ORMOCER®en große Fortschritte erzielt. In Festplatten und Leseköpfen für die Datenspeicherung sind die wenige Nanometer dünnen Schichten bereits seit langer Zeit im Einsatz. An Bedeutung gewinnen optische Schichten. Winzige Strukturen verhindern störende Spiegelungen auf Bildschirmen oder erhöhen den Wirkungsgrad von Solarzellen.

Forscher der Fraunhofer-Institute ISE, ISC, IPT und IOF haben neue Verfahren entwickelt, mit denen nun auch große Flächen mit den feinen Strukturen versehen werden können (siehe S. 20). Hybridpolymere sind im Einsatz als optische Wellenleiter oder mikrooptische Bauteile.

Das Einsatzspektrum der Schichttechniken hat sich in den vergangenen Jahren erheblich erweitert. Der Fraunhofer-Themenverbund Polymere Oberflächen arbeitet an »Flexiblen Ultra-Barrieren« und »Antimikrobiell wirksamen Polymeroberflächen«. Ultra-barrierefolien werden beispielsweise benötigt für flexible Displays aus Flüssigkristallen LEDs und organischen Polymeren OLEDs sowie für flexible Solarzellen. Für die Lebensmittelindustrie und Medizintechnik sind antimi-



Titelthema

Durchmesser von ca. 10 Nanometer. Damit sind die eingesetzten Wirkstoff-Partikel 1 000-mal kleiner als die meisten Pilzsporen und Keime. Die Partikel haben eine sehr hohe Oberflächenenergie, die sie verringern möchten, indem sie sich zu größeren Agglomeraten zusammenlagern. »Das verhindern wir, indem wir sie mit Additiven stabilisieren und sofort in ein Polymersystem integrieren«, sagt Helmut Schmid vom ICT. Die Polymere erleichtern zudem das Einrühren und die homogene Verteilung der Silberpartikel in der Farbsuspension.

Um Nanopartikel leichter handhaben zu können, werden sie häufig in Polymeren eingearbeitet. Diese funktionalisierten Nanokomposite können dann mit etablierten Fertigungsverfahren wie z.B. dem Spritzguss weiterverarbeitet werden. Große Kompetenz bei der Herstellung von Nanokompositen haben die Fraunhofer-Institute IFAM, IAP, ICT und ISC. Polymere Nano-

wurde durch die Kombination von organisch modifizierten Nanopartikeln mit einem phosphororganischen Flammschutzmittel brandfester gemacht. Die Phosphorverbindung entzieht dem Feuer den Sauerstoff und bildet zusammen mit den Nanopartikeln eine Kruste, die den beschichteten Gegenstand vor dem Verbrennen schützt. Eine andere Anwendung ist das schnelle Härten und Lösen von Klebstoffen von superparamagnetischen Nanopartikeln (siehe S. 44). Forscher des IKTS arbeiten gemeinsam mit Kollegen von vier weiteren Fraunhofer-Instituten an thermoelektrische Nanokompositen. Diese sollen künftig in der mobilen Energieversorgung, der Kühlung und der Energierückgewinnung eingesetzt werden.

Aber wie lassen sich die winzigen Partikel gewinnen? Zum einen kann man Materialien durch Mahlen zerkleinern. Das wird zum Teil schon seit Jahrhunderten gemacht.

bei der winzigen Teilchen in Flüssigkeiten gebildet werden. So lassen sich Hybrid-Polymere herstellen, wie die vom ISC entwickelten ORMOCER®e. Die Nanopartikel entstehen hierbei in-situ in der Matrix und dadurch entfällt das Problem der Dispergierung. Sie werden bereits seit zehn Jahren als lighthärtende dentale Füllstoffe für die Zahnrestauration eingesetzt.

Extrem leitfähig, stärker als Stahl, leichter als Aluminium und doppelt so hart wie Diamant – das sind nur einige der erstaunlichen Eigenschaften von Carbon Nanotubes, kurz CNT genannt. Die winzigen Röhren aus Kohlenstoffatomen entdeckte 1991 der japanische Forscher Sumio Iijima. Sie haben einen Durchmesser von ca. 2 bis 10 nm und können in Längen bis zu einigen 100 µm hergestellt werden. Es gibt ein-, doppel oder mehrwandige Carbon Nanoröhren, die als Single Wall Nanotube SWNT, Double Wall Nanotube DWNT oder



komposite stellen eine neue Materialklasse im Kunststoffsektor dar, die Materialadaption und Materialoptimierung in Zukunft entscheidend beeinflussen werden. Die kontrollierte homogene Verteilung der Nanofüllstoffe in der polymeren Matrix ist die Hauptherausforderung für die Entwicklung neuartiger Nanokomposite.

Eingesetzt werden die Nanokomposite etwa in einem Brandschutz-Lack, den Forscher des IFAM entwickelt haben. Das Epoxidharz

Tinte ist nichts anderes als kleinste Rußteilchen fein verteilt in Flüssigkeit. Ein anderer Weg, die Nanopartikel herzustellen, ist der Aufbau aus einzelnen Atomen und Molekülen, ähnlich wie in der Natur. Unter dem Rastertunnelelektronenmikroskop werden einzelne Atome sichtbar, die sich mit Hilfe einer feinen Spitze verschieben und verbinden lassen. Die Erfinder dieses Werkzeuges für die Zwergenwelt Gerd Binnig und Heinrich Rohrer erhielten den Nobelpreis. Ein weiteres Verfahren ist die Sol-Gel-Technik,

Multi Wall Nanotube MWNT bezeichnet werden. Die außergewöhnlichen Materialeigenschaften dieser winzigen Röhren regt die Fantasie der Forscher an. Sie träumen von ultrafesten Fasern, die es erlauben, einen Aufzug in den Orbit zu konstruieren oder extrem miniaturisierte elektronische Schaltungen. Bislang gibt es jedoch kaum Produkte, denn der Werkstoff hat einen gravierenden Mangel: CNT lassen sich nur schwer mit anderen Werkstoffen verbinden und sind bislang noch recht teuer. Ingenieu-

re der Fraunhofer TEG haben ein Verfahren entwickelt, mit dem sich das eigenwillige Material kostengünstig verarbeiten lässt.

Die TEG und das IGB haben gemeinsam ein CNT-Applikationslabor aufgebaut. Dort werden die CNT-Halbzeuge in Papierform hergestellt. Die Blätter sehen aus wie schwarzes Tonerpapier und kosten nur wenige Euro pro Quadratmeter. »Wir sind jedoch nicht an eine bestimmte Form gebunden«, betont Projektleiter Ivica Kolaric. Das CNT-Verbundsystem lässt sich mit unterschiedlichen Materialien vermengen und ebenso einfach mit Kunststoffen wie mit Textilien verbinden. Eines der ersten Produkte, das CNT-Halbzeuge der TEG enthält, sind die DNX-Tennisschläger der Firma Vökl. Die Carbon-Nanotubes sollen den Rahmen an den besonders belasteten Stellen verstärken und die Dämpfungseigenschaften des Tennisschlägers verbessern. Das neue Modell kommt bei den Kunden

bes dehnen sich aus, wenn Strom angelegt wird. Die wesentlichen Vorteile von CNT-Aktuatoren im Vergleich zu piezokeramischen Systemen ist die sehr geringe Steuerungsspannung von nur einigen Volt. Damit sich CNTs dehnen können, müssen elektrische Ladungsträger injiziert werden. Forscher des ISC arbeiten an dafür geeigneten neuen Elektrolyten. Für den Einsatz als Aktuatoren kommen vor allem die Single-Wall-CNT in Frage. Die Synthese von SWNT-Material muss jedoch noch vom Laborstadium auf industrielle Größenordnungen skaliert werden. Derzeit werden drei unterschiedliche Syntheserouten erprobt, das Arc- bzw. die plasmaunterstützte Gasphasensynthese am IWS und die Kombination PVD/CVD am IFAM. Die Mechanismen der Aktuierung untersuchen Forscher des IWM mit Hilfe der Multiskalensimulationen vorab im Computer. Die Simulation kann schon früh zeigen, welche Ansätze Erfolg versprechend sind. Ob die CNTs biokompatibel oder toxisch sind, untersuchen Forscher des IGB, die Zuverlässigkeit testen Wissenschaftler am LBF.

Die Zuverlässigkeit von Nano-Produkten zu prüfen, ist eine schwierige Aufgabe. Denn im Nanokosmos verhalten sich Materialien ganz anders als in der makroskopischen Welt. Um trotzdem Lebensdauer und Qualität beurteilen zu können, müssen etablierte Verfahren mit innovativen Konzepten kombiniert werden. In dem Projekt »Nano-Z, Nanozuverlässigkeit« erarbeiten Fraunhofer-Forscher Zuverlässigkeitskonzepte für Nano- und Mikromaterialverbünde.

Der Sprung von der Mikro- zur Nanoelektronik ist eine große Herausforderung für die Halbleiterindustrie. Am Fraunhofer CNT in Dresden entwickeln Wissenschaft und Wirtschaft in einer Public Private Partnership gemeinsam neue Prozesstechnologien. Ziel ist es, innovative Einzelprozesslösungen und Analyse- sowie Messverfahren für die Fertigung nanoelektronischer Bauelemente (Chips), für Prozessoren und Speicher, schnell in die industrielle Fertigung zu übertragen.

Nanotechnologie kann vor allem die Medizin verändern. Medikamente, die sich selbstständig ihren Weg durch den Körper bahnen und am Ziel angekommen, genau die kranken Zellen angreifen – das ist seit jeher der Traum der Mediziner und Pharmazeuten. Mit Hilfe der Nanotechnologie

Der Begriff Nano leitet sich von dem griechischen Wort Nanos (Zwerg) ab. Mit der Vorsilbe Nano, wird der Milliardenste Teil von etwas bezeichnet (10^{-9}). Als Vater der Nanotechnologie gilt Richard Feynman, der bereits 1959 in einem Vortrag sagte »There's Plenty of Room at the Bottom« (Ganz unten ist eine Menge Platz). Eingeläutet wurde die nanowissenschaftliche Revolution 1981 mit dem Bau des ersten Rastertunnelmikroskops. Damit lassen sich nicht nur Atome beobachten, sondern auch mit Hilfe einer feinen Spitze verschieben. Heinrich Rohrer und Gerd K. Binnig vom IBM-Forschungslabor in Zürich erhielten 1986 für die Entwicklung des Rastertunnelmikroskops den Nobelpreis in Physik. 1991 entdeckte der japanische Forscher Sumio Iijima kleinste Röhrrchen aus Kohlenstoffatomen mit ungewöhnlichen Eigenschaften, die »Carbon-Nanotubes«. Nanotechnologie ist auf keine Branche oder Technologie beschränkt. Biologen, Chemiker, Physiker, Materialwissenschaftler, Informatiker und Mediziner arbeiten an Anwendungen. Das Schlagwort Nanotechnologie umfasst ein breites Spektrum von neuen Werkstoffen, Bauteilen und Systemen, deren Funktion und Anwendung auf den besonderen Eigenschaften nanoskaliger Größenordnung beruhen.

könnte diese Vision Realität werden. Gewebe, Zellen, Blutkörperchen – biologische Einheiten liefern zahlreiche Vorbilder für polymere Nanosysteme. Synthetische Polymermaterialien, nach biologischen Bauprinzipien konzipiert, eignen sich hervorragend als Träger für medizinische Wirkstoffe (drug carrier). Durch maßgeschneiderte Oberflächen und Strukturen lassen sich diese Partikel zielgerichtet durch den Körper leiten (drug targeting). Die Teilchen werden im Körper nach einer festgelegten Zeit abgebaut. So geben sie den Wirkstoff nicht nur am richtigen Ort, sondern auch zur vorgeschriebenen Zeit ab (controlled release). An solchen Systemen arbeiten Wissenschaftler des IAP gemeinsam mit ihren Kollegen vom Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung und der Universität Potsdam. Die Forscher synthetisieren und untersuchen dazu Polymere für die Herstellung von Drug-Delivery-Systemen auf Nanocarrier-Basis, Copolymere für nicht-virale Gen-

gut an: 90 000 Rackets waren geplant. Die Schläger verkaufen sich aber so gut, dass die Produktionszahlen wahrscheinlich aufgestockt werden.

CNT für adaptionsanwendungen zu nutzen, ist das Ziel des Projekts »CarNak – Carbon Nanotube Aktuatorik«. In dem Projekt arbeiten Forscher von acht Fraunhofer-Instituten unter Federführung des ISC zusammen. Die Forscher machen sich eine Besonderheit der CNT zunutze: Die Nanotu-





Titelthema

vektoren und funktionale Colloide für Magnet-Resonanz-Bildgebung.

An der Charité in Berlin wird an der Verbesserung einer bestehenden Krebstherapie mit Nano-Hilfe gearbeitet. Durch gleichmäßige Überwärmung soll der Tumor zerstört werden. Vor der Bestrahlung wird eine Flüssigkeit in den Tumor gespritzt, in der magnetisierbare Nanoteilchen schwimmen. Die Partikel sind mit einer Schicht aus Zuckermolekülen umhüllt und gelangen so direkt in die Krebszellen. Dann wird ein hochfrequentes Magnetfeld eingeschaltet. Die Teilchen bewegen sich und erzeugen Reibungswärme. Die so geschwächte Krebszelle kann mit Chemikalien abgetötet werden.

An einer anderen Lösung arbeiten Forscher des Fraunhofer IGB. Sie arbeiten neben Nanocarriern, die Wirkstoffe im Inneren einschließen und am Wirkort freisetzen, an neuartigen Wirkstoffprinzipien. Zur Krebstherapie koppeln sie Cytokine der Tumornekrose-Faktoren (TNF) funktionell an Nano-Carrier. Diese membranständigen Signalproteine lösen bei Tumorzellen den programmierten Zelltod aus.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Zellbiologie und Immunologie der Universität Stuttgart wurde bioaktives Cytokin (TNF) an Kern-Schale-Nanopartikel gekoppelt. »Diese zellähnlichen Gebilde haben einen festen Kern, der umgeben ist von Proteinen, die Krebszellen aufspüren und vernichten«, erklärt Dr. Günter Tovar vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik IGB. »Bei der Herstellung dieser Partikel profitieren wir von der Fähigkeit der 'Bausteine' zur Selbstorganisation: Ist der Kontakt zwischen Partikeln und Proteinen einmal hergestellt, wachsen die Kerne ohne weiteres Zutun«. Die so erzeugten NANOCYTES® haben die Forscher bereits erfolgreich an kultivierten humanen Krebszellen getestet. Die bioaktiven Nanopartikel docken an die Zielzellen an und lösen den programmierten Zelltod aus. Bis die NANOCYTES®-Technologie im Kampf gegen Krebs eingesetzt werden kann, wird noch einige Zeit vergehen – die nanomedizinische Forschung ist aufwändig und langwierig.

Doch unumstritten ist die Nanotechnologie nicht. Was passiert, wenn Nano-Partikel in unseren Körper gelangen? Wie wirken sich die Winzlinge auf die Umwelt aus? Antworten auf diese Fragen sollen die vom Forschungsministerium geförderten Projekte »NanoCare«, »INOS« und »TRACER« geben. Ultrafeine Partikel belasten den menschlichen Körper nicht erst, seit dem es Nano-Produkte gibt. Feinste Stäube werden auch bei Verbrennungsprozessen freigesetzt. Untersuchungen, unter anderem vom Fraunhofer ITEM, zeigen, dass, je kleiner die Partikel sind, desto tiefer gelangen sie über die Atmung auch in die Lunge.

Eines ist schon jetzt klar. »Nanoskalige Materialien kommen in Kontakt mit dem Menschen und das nicht nur während ihrer Nutzung als Medikamente. Sie werden in Nahrungsmitteln, Kosmetik und vielen anderen Anwendungen bereits eingesetzt. Die steigende Produktion, z. B. von Metalloxiden oder Kohlenstoff-Nanoröhrchen, wird auch zu einer möglichen Belastung am Arbeitsplatz führen«, erwartet Prof. Dr. Harald

Krug vom Forschungszentrum Karlsruhe. Um die möglichen Risiken abschätzen zu können, bewerten Mitarbeiter des IGB im Projekt TRACER die Biokompatibilität und Cytotoxizität von Carbon Nanotubes entlang der Wertschöpfungskette – von der Herstellung bis zu einem fertigen Polymerkomposit. Wie leicht Nano-Teilchen in die Haut, Lunge, Darm oder ins Nervensystem gelangen untersuchen Forscher des IKTS gemeinsam mit anderen Partnern in dem Projekt INOS (Identifizierung und Bewertung von Gesundheits- und Umweltauswirkungen von technischen nanoskaligen Partikeln), wie leicht die Nano-Teilchen in die Haut gelangen, in Lunge, Darm oder Nervensystem. Die Ergebnisse werden in einer Datenbank zugänglich gemacht. Dort kann sich jeder über potenzielle Risiken von Nanopartikeln informieren. Welche Auswirkungen Nano-Teilchen wie etwa Titanoxid-Partikel auf die Umwelt haben, untersuchen Forscher des Fraunhofer IME.

Die Fraunhofer-Gesellschaft will ihre Aktivitäten in der Nanotechnologie noch weiter ausbauen. In Dresden ist das Innovationscluster Nano for Production in Planung. Dort sollen Hochschulen, Fraunhofer-Institute und die Wirtschaft gemeinsam an neuen Lösungen arbeiten.

Die enge Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft ist notwendig, damit die guten Forschungsergebnisse in Deutschland schneller und besser in Anwendungen umgesetzt werden. Nur dann werden auch deutsche Unternehmen von dem künftigen Riesensmarkt Nanotechnologie profitieren.

Birgit Niesing

 fraunhofer.de/audio – online ab 29.09.2006.

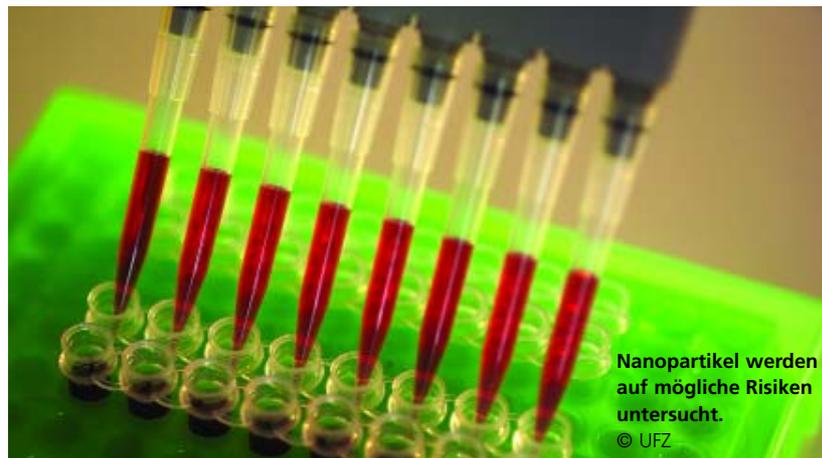
Nanotechnologie im Verbund

In der Fraunhofer-Gesellschaft sind mehr als ein Drittel der 58 Institute auf dem Gebiet der Nanotechnologie tätig. Die vielfältigen Kompetenzen werden in dem Themenverbund Nanotechnologie zusammengetragen. Der Verbund bearbeitet die Leitthemen: Multifunktionelle Schichten z. B. für den Automobilbereich, das Design spezieller Nanopartikel für Biotechnik und Medizin sowie die Verwendung von Carbon-Nanotubes für aktorische Anwendungen.



nano.fraunhofer.de

mierten Zelltod aus. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Zellbiologie und Immunologie der Universität Stuttgart wurde bioaktives Cytokin (TNF) an Kern-Schale-Nanopartikel gekoppelt. »Diese zellähnlichen Gebilde haben einen festen Kern, der umgeben ist von Proteinen, die Krebszellen aufspüren und vernichten«, erklärt Dr. Günter Tovar vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik IGB. »Bei der Her-



Nanopartikel werden auf mögliche Risiken untersucht.

© UFZ