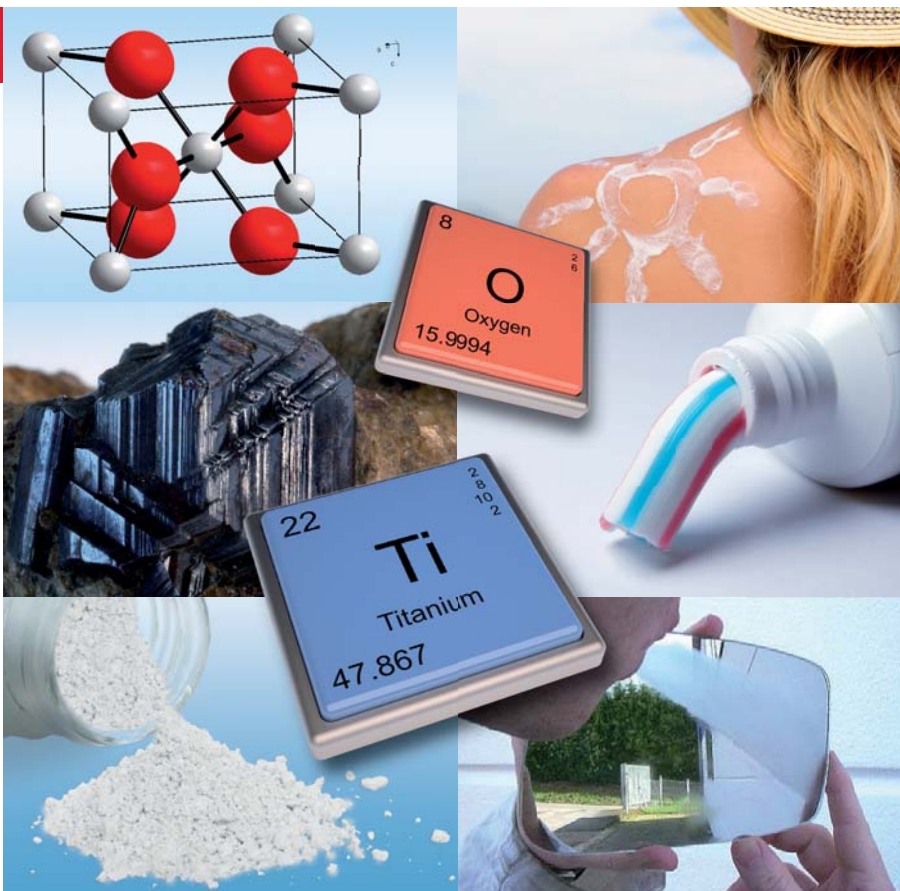




Hessen-Nanotech NEWS



Neue Themenreihe
„Materialien im Fokus“:
Folge 1: Titandioxid

Neue Broschüre:
Patentieren von Nanotech-
nologien

Natepro - Nanotechnologie-
Enabler für Industrie und
Handwerk

Aus der Hochschule:
Bauen mit Bambus und Beton
Nanocarrier in der Pharmazie

Im Fokus:
Historie des Nanosilbers

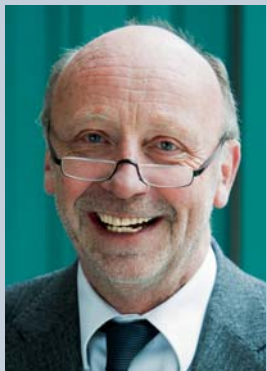
Aus der Innovationsförderung:
Metallimplantate mit
antiinfektiver Beschichtung

Aus dem mst-Netzwerk:
Magnetische Mikrosysteme
in der Raumfahrt

An **Hessen** führt kein Weg vorbei.

Liebe Leserinnen und Leser,

Editorial



nach der Prognose der Europäischen Kommission wird 2050 jeder dritte Bürger über 65 Jahre alt sein. Diese Entwicklung rückt das Thema Gesundheit immer mehr in den Fokus, und die Gesundheitswirtschaft wird einer der zukünftigen Wachstumsmärkte. Nanotechnologisch optimierte Produkte werden in immer mehr Bereiche des Gesundheitswesens vordringen und helfen, Probleme und kommende Herausforderungen zu bewältigen.

Dieser Prozess hat bereits begonnen. Immer mehr nanotechnologische Produkte kommen auf den Markt. Darunter sind Arzneimittel, die besser wirken, und Implantate, die aufgrund ihrer Spezialbeschichtung seltener zu Infektionen führen.

Für den Erfolg am Markt ist die Akzeptanz des Verbrauchers unabdingbar. Nanotechnologie trifft jedoch vielfach auf Skepsis bis hin zur Ablehnung. Oft sind fehlerhafte Informationen der Grund. Beispielsweise wird Nanosilber häufig als völlig neues Material beschrieben, zu

dem es kaum Erfahrungswerte gebe. Dagegen hat die American Chemical Society nachgewiesen, dass Nanosilber schon seit 120 Jahren als „kolloidales Silber“ bekannt ist und vielfältig Verwendung fand – etwa zur Entkeimung von Trinkwasser.

Dieses Beispiel zeigt, wie wichtig eine offene und umfassende Kommunikation zur Nanotechnologie ist. Es liegt jetzt an allen Beteiligten, über Chancen und Risiken ebenso wie über bisherige Erfahrungen aufzuklären und zu informieren. Mit unserem Newsletter wollen wir dazu beitragen.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß mit der ersten Ausgabe des Jahres 2011.

Dieter Posch

Hessischer Minister für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

INHALT

Editorial	2	Aus der Forschung: Nanocarrier in der Pharmazie	14
Technologie- und Firmennews	3	Natepro - Nanotechnologie-Enabler für Industrie und Handwerk	15
Neue Broschüre: Patentieren von Nanotechnologien ...	4	Aus der Innovationsförderung: Metallimplantate mit antiinfektiver Beschichtung	16
Messebeteiligungen: Material Vision und LOPE-C	5	Thema im Fokus: Nanosilber: Neuer Name - alter Wirkstoff	17
Rückblick: Leichtbau und Reaktivwerkstoffe im Fokus	6	Aus dem mst-Netzwerk: Magnetische Mikrosysteme in der Raumfahrt	18
Aus der Forschung: Bauen mit Bambus und Beton	8	Veranstaltungen/Termine	20
Rückblick: Neue Materialien schaffen intelligente Verpackungen	9	Impressum	20
Materialien im Fokus: Titandioxid - Eigenschaften und Anwendungen	11		

Technologie- und Firmennews

Clariant baut Innovationszentrum in Frankfurt

Das Schweizer Spezialchemieunternehmen Clariant baut seine weltweiten Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (F&E) am Standort Frankfurt weiter aus. Bis Ende 2012 wird dort das neue „Clariant Innovation Center“ mit rund 500 Arbeits-



Das geplante Clariant-Innovationszentrum im Industriepark Frankfurt-Höchst (Quelle: Clariant)

plätzen auf insgesamt 23.000 Quadratmetern Fläche errichtet. Das im Industriepark Frankfurt-Höchst projektierte Zentrum repräsentiert ein Investitionsvolumen von mehr als 50 Millionen Euro und wird unter anderem die zu dem Bereich Group Technology Services gehörende chemische Forschung und Entwicklung sowie anwendungstechnische Laboratorien und Technische Marketingfunktionen mehrerer Geschäftsbereiche vereinen. Neben der Analytik werden auch die Bereiche New Business Development und Intellectual Property Management zusammen mit der Patentabteilung in das neue Gebäude einziehen.

■ www.clariant.com

Darmstädter Forscher arbeiten an kleineren und leistungsfähigeren Batterien

Mit einem in der Batterieforschung ungewöhnlichen Verfahren wollen Darmstädter Forscher den Weg zu kleineren und leistungsfähigeren Batterien ebnen. „Wir nutzen Reaktionskammern, die in ein Ultrahochvakuum-System integriert sind. Auf diese Weise können wir unter idealisierten Bedingungen die Reaktionen an Grenzflächen beobachten, also dort, wo unterschiedliche Materialien aufeinandertreffen“, erläutert Dr. René Hausbrand, Leiter der Arbeitsgruppe Lithium-Ionen-Batterien vom Fachgebiet Oberflächenforschung der TU Darmstadt. Die Wissenschaftler tragen dabei Elektrolytmateri-

alien in hauchdünnen Scheibchen auf Kathodenmaterialien auf und beobachten die Reaktionen, die sie immer wieder unterbrechen können.

■ hausbrand@surface.tu-darmstadt.de

Nanotechnologien und Textil

Der Gesamtverband textil+mode hat gemeinsam mit dem Verbraucherzentrale-Bundesverband einen Runden Tisch zur Thematik „Nanotechnologie“ etabliert. Er bietet Umwelt- und Verbraucherschutzinstitutionen, Nichtregierungsorganisationen sowie Vertretern von Wirtschaft und Wissenschaft eine Plattform, sich über Chancen und Risiken der Anwendung von Nanotechnologien speziell in der Textilindustrie intensiv auszutauschen. Als Zusammenfassung der bislang am Runden Tisch diskutierten Fragestellungen entstand eine Broschüre, die unter nachfolgendem Link online abgerufen werden kann.

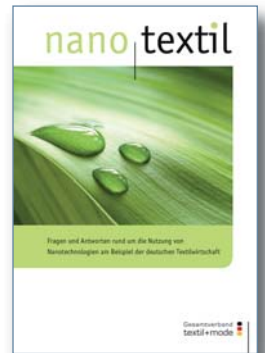
■ www.textil-mode.de/data/nano-broschuere/ebroschuere.html

Nanowissenschaftler der Universität Kassel entwickeln Farben, die die Luft reinigen

Nanowissenschaftler des Instituts für Chemie und des Center for Interdisciplinary Nanostructure Science and Technology (CINSaT) der Universität Kassel entwickeln derzeit Mixturen aus winzigen Farbstoffmolekülen und Titandioxid-Nanopartikeln. Die daraus entstehenden Spezialfarben könnten als Anstrich auf Schallschutzwänden, Leitplanken und Brücken entlang der Straßen die Luft reinigen. Professor Dr. Rüdiger Faust und seine Mitarbeiter arbeiten seit etwa einem Jahr daran, dass diese Vision Wirklichkeit wird.

Ob die Photokatalyse auch effizient zur Luftreinigung eingesetzt werden kann, wollen die Kasseler Wissenschaftler gemeinsam mit Forschern der Universitäten Hannover und Dresden sowie Partnern aus der Industrie klären. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert das auf drei Jahre angelegte Projekt „HelioClean“ mit 2,3 Millionen Euro.

■ www.chemie.uni-kassel.de/faust/



Die Broschüre „nanotextil“ fasst Fragen und Antworten rund um die Nutzung von Nanotechnologien am Beispiel der deutschen Textilwirtschaft zusammen.



Farbstoffmoleküle sollen ermöglichen, dass Titandioxid bereits durch sichtbares Licht als Katalysator aktiv wird. (Quelle: Uni Kassel)

ENIAC ruft zur Einreichung von Projektvorschlägen auf

Das European Nanoelectronics Initiative Advisory Council (ENIAC) hat den 4. Aufruf zur Einreichung von Projektvorschlägen veröffentlicht. Nationaler Zuwendungsgeber ist das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Im Rahmen des ENIAC Annual Work Programmes 2011 fokussiert das BMBF die Projektförderung ausschließlich auf folgende Grand Challenges: „Intelligent Electric Vehicle“, „Energy Distribution and Management - Smart Grid“ und „Reduction of Energy Consumption“. Projekte der reinen Grundlagenforschung sind von der Förderung ausgenommen. Das Antragsverfahren ist zweistufig. Einreichungsfrist der Projektvorschläge ist der 6. Mai 2011.

■ www.pt-it.pt-dlr.de/de/eniac.php

AGeNT-D schreibt Nanowissenschaftspreis 2011 aus

Die „Arbeitsgemeinschaft der Nanotechnologie-Kompetenzzentren in Deutschland“, gefördert durch das BMBF, vergibt im Jahr 2011 zum zwölften Mal den Nanowissenschaftspreis für hervorragende Arbeiten auf dem Gebiet der Nanowissenschaften und Nanotechnologie, die in Deutschland entstanden sind. Eingereichte Arbeiten müssen entweder in Form einer Monographie oder in einer in Fachkreisen anerkannten wissenschaftlichen Zeitschrift veröffentlicht oder zur Veröffentlichung angenommen worden sein. Auch herausragende Diplom-, Promotions- oder Habilitationsarbeiten sowie Patentschriften kommen in Frage. Einreichungsfrist ist der 30. April 2011.

■ www.hessen-nanotech.de/Nachrichten

Weitere aktuelle Nachrichten zu Nano- und Materialtechnologien finden Sie unter www.hessen-nanotech.de/Nachrichten.

Patentieren von Nanotechnologien

Neue Broschüre (Band 19) der Schriftenreihe Hessen-Nanotech

Literatur

Deutschland ist im Bereich der Nanotechnologie und Nanowissenschaften führend. Dank der erfolgreichen Forschung in Unternehmen und Hochschulen wurde ein enormer Wissensschatz gebildet, den es zum Nutzen für Wirtschaft und Gesellschaft abzusichern gilt. Als eines der führenden Bundesländer im Bereich Nanotechnologie hat Hessen nun eine Broschüre zum Thema Patentieren von Nanotechnologien veröffentlicht.



„Die Nanotechnologie liefert als bedeutende Querschnittstechnologie die Schaffung vielfältigen neuen Wissens über Herstellungsverfahren, Anwendungen und Sicherheitsaspekte“, so Wirtschaftsminister Dieter Posch. „Dafür waren und sind enorme Aufwendungen an Ressourcen notwendig. Daher hat der Schutz des Verwertungsrechtes für das geschaffene Wissen für den Hochtechnologiestandort Deutschland eine zentrale Bedeutung.“

Die vom Patentinformationszentrum in Darmstadt erstellte Broschüre gibt Antworten auf die Fragen: Wie ist Nanotechnologie patentrechtlich einzuordnen? Wie lässt sich neu geschaffenes Nano-Wissen sinnvoll absichern? Welche Chancen eröffnen Patentkooperationen? Sie gibt damit fundierte Entscheidungshilfe zum Umgang mit Nano-Know-how.

Die Broschüre ist in der Schriftenreihe Hessen-Nanotech erschienen und kann unter www.hessen-nanotech.de/veroeffentlichungen kostenlos bestellt oder als PDF-Datei heruntergeladen werden.

Material Vision und LOPE-C

Messebeteiligungen der Aktionslinie Hessen-Nanotech

Mit der Material Vision und der LOPE-C finden im kommenden Quartal zwei führende internationale Fachmessen und Konferenzen zu angewandten Material- und Nanotechnologien in Hessen statt. Die HA Hessen Agentur GmbH wird sich an beiden Veranstaltungen mit einem Gemeinschaftsstand der Aktionslinie Hessen-Nanotech des Hessischen Wirtschaftsministeriums beteiligen.



Die Material Vision zeigt vom 24. bis 26. Mai Materialien für Produktentwicklung, Design und Architektur in der Halle 4.1 der Messe Frankfurt. Dort präsentieren Entwickler und Hersteller das gesamte Spektrum moderner Materialien und Materialtechnologien. Die Bandbreite umfasst alle Materialien von Polymeren, Glas, Keramik über nachwachsende Rohstoffe bis hin zu so genannten intelligenten Materialien mit veränderlichen Eigenschaften. Auch 2011 erwarten die Besucher neben einem umfangreichen Produktangebot mit Konferenz des Rats für Formgebung, dem „Design Plus - Wettbewerb für zukunftsweisende Produkte, Materialien und Halbzeuge“ und mit dem Abschlussforum der Veranstaltungsreihe „Material formt Produkt“ der Aktionslinie Hessen-Nanotech am 24. Mai 2011 ein spannendes Rahmenprogramm. Bei ausreichendem Interesse hessischer Unternehmen und Hochschulen planen wir, einen hessischen Gemeinschaftsstand auf der Material Vision zu realisieren. Parallel zur Material Vision finden auf dem Frankfurter Messegelände auch die Techtexil und die Texprocess statt.

Vom 28. bis 30. Juni findet im Forum der Messe Frankfurt die LOPE-C - Large-area, Organic and Printed Electronics Convention statt. Die LOPE-C ist mit mehr als 850 Teilnehmern aus 34 Ländern und 89 Ausstellern (Stand 2010) eine der führenden internationalen Konferenzen mit Ausstellung der Industrie für organische und gedruckte Elektronik. Auf der begleitenden Ausstellung zeigt sie jährlich die neuesten kommerziellen



und technologischen Errungenschaften der organischen und anorganischen, gedruckten Elektronik. Erste kommerzielle Anwendungen dieser neuen Technologie werden vor allem in den Bereichen biegsame und rollbare Bildschirme, Beleuchtung, Photovoltaik, RFID, Consumer Electronics, Sensoren, intelligente Systeme und Textilien erwartet. Die LOPE-C deckt dabei die gesamte industrielle Wertschöpfungskette ab - von der universitären Forschung über F&E, Produktion, Kommerzialisierung bis hin zur Markterschließung. Das Kompetenznetzwerk für Optische Technologien Optence e.V. und die DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. werden sich dort gemeinsam mit Hessen-Nanotech am Stand 414 präsentieren. Wir würden uns freuen, im kommenden Jahr weitere hessische Netzwerke und Cluster als Mitaussteller begrüßen zu können.

In eigener Sache

materialvision
www.material-vision.com

Hessischer Gemeinschaftsstand
auf der Material Vision 2009 der
Messe Frankfurt

LOPE-C
Large-area,
Organic & Printed Electronics
Convention

www.lope-c.com

Markus Lämmer
HA Hessen-Agentur GmbH
Aktionslinie
Hessen-Nanotech
Tel.: 0611/774-8664
E-Mail: markus.laemmer@
hessen-agentur.de

Leichtbau und Reaktivwerkstoffe im Fokus

2. und 3. Abendveranstaltung der Reihe „Material formt Produkt“

Rückblick

Zur Bewältigung der knapper werdenden Energie- und Rohstoffressourcen setzen die Materialhersteller vor allem auf zwei Faktoren: Leichtbauwerkstoffe und Materialien, die in ihrem Eigenschaftsspektrum auf Umweltfaktoren reagieren und einen energieeffizienten Einsatz gewährleisten können. Diese beiden Schwerpunkte hat die Hessen Agentur mit der Aktionslinie Hessen-Nanotech in den letzten beiden Abendveranstaltungen der Reihe „Material formt Produkt“ thematisiert. Und das mit großem Erfolg, denn mit den Vorträgen wurden insgesamt knapp 200 Teilnehmer in die Hallen des Messebauers Formvielfalt nach Groß-Umstadt und ins Designhaus Darmstadt gelockt. Die Veranstaltungen hatten das Ziel, die Potenziale neuer Materialien und Nanotechnologien unter Anwendern bekannt zu machen und die Hersteller und Wissenschaftler mit Architekten, Designern und Produktentwicklern in Kontakt zu bringen.

Dass das Materialgewicht einen erheblichen Einfluss auf den Energiebedarf hat und somit über den Erfolg neuer Mobilitätskonzepte entscheidet, haben vor allem die Automobilhersteller verstanden. Denn die Zukunft des Elektroautos wird entscheidend von neuen Lösungen zur Gewichtsreduktion abhängen. Die Chemiekonzerne haben daher in den letzten Jahren neue hochfeste Leichtbau-Polymerwerkstoffe entwickelt, die schwergewichtige Metallkaros-

serien und Verglasungen mittelfristig substituieren können. So konnte das Gewicht eines Lotus-Rennwagens von Evonik Industries insgesamt um 75 Kilogramm reduziert werden. Des Weiteren führt der Zusatz von Öladditiven zu einem geringeren Verbrauch, und neue Polymerwerkstoffe machen die Batterie um 65 Prozent leichter. „Das Gewicht ist nicht nur für den Rennsport von außerordentlicher Bedeutung, sondern hat großen Einfluss auf die Umsetzung alternativer Mobilitätskonzepte“, berichtete Klaus Hedrich, Chef des Evonik Automotive Industry Teams (AIT), bei der zweiten Abendveranstaltung der Reihe „Material formt Produkt“ am 18. November in Groß-Umstadt.

Durch hochfeste Polymerwerkstoffe von Evonik konnte das Gewicht dieses Lotus-Rennwagens um 75 Kilogramm reduziert werden. (Quelle: Evonik Industries)



Aerogel ist durch die geringe Größe der zahlreichen mit Luft gefüllten Kammern neben Vakuum das beste Isolationsmaterial. (Quelle: Cabot Nanogel)



Auch für das Bauwesen nehmen Leichtbaumaterialien einen hohen Stellenwert ein. Anhand des Green Point Stadions in Kapstadt stellte Katja Bernert von Verseidag wetterbeständige und hochfeste Gewebe für textile Dächer und Fassaden vor und betonte die zunehmende Bedeutung textiler Materialien vor allem für die mobile Architektur. Dass Leichtbauwerkstoffe für das Bauwesen einhergehen können mit hoher Wärmedämmung, zeigte Ralf Weber (Bayer Sheet Europe) am Beispiel von mit Aerogel gefüllten Kunststoff-Stegplatten für transparente Fassaden und den Dachbereich. Mit einem eingeschlossenen Luftanteil von 95 Prozent und wenige Nanometer kleinen Porenräume zählt die Schwammstruktur der Aerogele (Hersteller:

Cabot GmbH aus Frankfurt) zu einem der interessantesten Entwicklungen der Nanotechnologie. Die hohe Transluzenz des Materials ermöglicht die Nutzung für lichtdurchlässige Dach- und Fassadenelemente mit guter Wärmeisolierung.

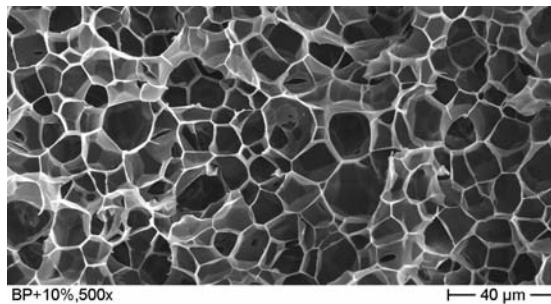
Einen interessanten Ansatz für Leichtbaukonstruktionen im Produktbereich präsentierte Matthias Burns von der Fludicon GmbH aus Darmstadt auf Basis elektrorheologischer Flüssigkeiten. Dies sind Substanzen, die unter Einfluss eines elektrischen Feldes ihre Viskosität verändern. Im Portfolio des Unternehmens stehen Dämpfer, Aktuatoren und Kupplungen, bei denen die Stärke der Dämpfung im Bruchteil einer Sekunde an die entsprechenden Begebenheiten angepasst werden können. Vorgestellt wurde insbesondere ein Fitnessgerät mit einem sehr einfachen Konstruktionsaufbau. In diesem ersetzen elektrorheologische Dämpfer den Gewichtsstapel und machen eine computergesteuerte Anpassung des Trainingsprogramms möglich.

Dass reaktive Materialien in Zukunft an Bedeutung gewinnen werden, war die durchgehende Meinung aller Referenten der dritten Abendveranstaltung der Reihe „Material formt Produkt“ am 27. Januar 2011 im Designhaus Darmstadt.

Während Prof. Claudia Lüling die Bedeutung von Energie produzierenden Materialien für die Architektur und den Fassadenbau betonte - hier wurden insbesondere klassische Silizium-Photovoltaikzellen und mit neuen Dünnschicht-Zellen beschichtete Gläser hervorgehoben - ging Marco Schmidt von BASF auf die Möglichkeiten von Latentwärmespeichern zur natürlichen Klimatisierung von Innenräumen ein.

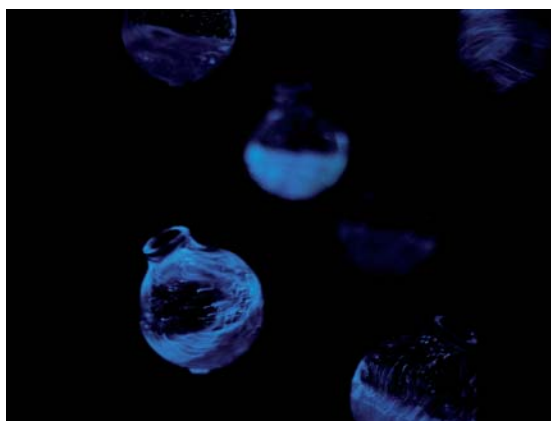


Phasenwechselmaterialien sorgen in Bauwerkstoffen für eine natürliche Klimatisierung von Innenräumen. (Quelle: BASF)



Laugenlösliche Kunststoffe, hier in Form eines Schaumstoffs, ermöglichen stoffliches Kunststoff-Recycling ohne Qualitätsverlust. (Quelle: Belland Technology)

Durch Orientierung an biologischen Prinzipien erhalten Kunststoffe am Fraunhofer UMSICHT durch Einlagerung von Reparatursubstanzen selbstheilende Qualitäten und Messer werden durch gerichteten Verschleiß selbstschärfend. Die Vision der solartechnischen Energieproduktion in den nordafrikanischen Wüsten verlangt vor allem einen permanenten Schutz gegen die verschleißenden Einflüsse von Sandstürmen. So arbeiten die Fraunhofer Forscher rund um Jürgen Bertling an Folienmaterialien, dessen Oberfläche an die Hautstruktur des Sandfisches angenähert ist.



Energieeffizientes Licht durch Biolumineszenz (Quelle: Nicola Burggraf)

Dass sich biolumineszierende Organismen als energieeffiziente, sensorische Lichtquellen nutzen lassen, zeigte Nicola Burggraf am Beispiel ihrer Installation „Bioluminescent Field“. Unter Einfluss von Bewegung wird in den Tiefseeorganismen eine chemische Reaktion ausgelöst, die man in Form von Lichtblitzen erkennen kann. Dies erfolgt mit erstaunlicher Effizienz: 95 Prozent der zuvor aus der Umgebung eingesammelten Lichtenergie, die chemisch zwischengespeichert wird, kann wieder als blaues Licht abgestrahlt werden.

Als Besonderheit reaktiver Materialien bildeten laugenlösliche Kunststoffe von der Belland Technology AG den Abschluss der Veranstaltung. Mit diesem Polymermaterial können Materialkreisläufe geschlossen werden, da sich der Werkstoff ohne Qualitätsverlust selbst aus Abfallgemischen wiedergewinnen lässt.

Die 4. Abendveranstaltung der Reihe „Material formt Produkt“ zum Thema „Nachhaltige Werkstoffkonzepte für Architektur und Design“ findet am 14. April bei der formvielfalt GmbH in Groß-Umstadt statt. Nähere Informationen zum Programm und zur Anmeldung finden Sie unter www.hessen-nanotech.de/material-formt-produkt.

Bauen mit Bambus und Beton

TU Darmstadt entwickelt tragfähigere Bambuskonstruktion

Aus der Forschung



Deutsch-Chinesisches
Haus auf der Expo 2010
in Shanghai

Ingenieure der Technischen Universität Darmstadt haben die Tragfähigkeit von Bambus-Konstruktionen deutlich verbessert. Um die notwendige Verbindung von Beton und Bambus zu verstärken, verwenden sie Polyurethanharz und eine spezielle Betonrezeptur. Erstmals eingesetzt wurde die neue Technik auf der Expo in Shanghai.

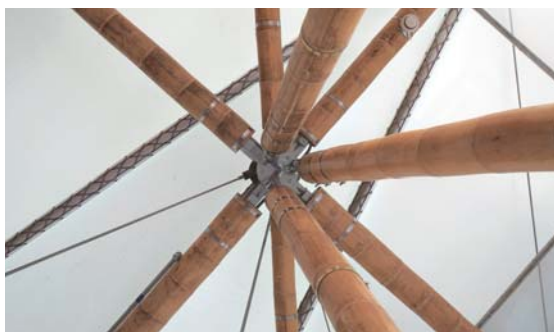
Bambus ist nicht nur der am schnellsten nachwachsende Rohstoff weltweit, sondern eignet sich auch hervorragend als Baumaterial: Das Riesengras ist leicht, elastisch und kann bis zu sechsmal größere Lasten tragen als Stahl. Schwierigkeiten bereitet lediglich das stabile Zusammenfügen der einzelnen Bambusrohre. Bauingenieuren der TU Darmstadt ist es nun mit einer neuartigen Kombination von Bambus, Beton und Stahl gelungen, die Tragfähigkeit dieser Verbindungen deutlich zu steigern.

Um den Bambus wasserundurchlässig zu machen und einen guten Haftgrund für den Beton zu erhalten, beschichteten sie zunächst die raue Bambusinnenfläche an den Enden mit einem Polyurethanharz und einer weiteren Schicht Polyurethanharz-getränkter Steinkörnung. Die beidseitigen Öffnungen der so vorbereiteten Bambusrohre werden mit einer speziellen Beton-

rezeptur verfüllt, die einen hohen Anteil an Flugasche aufweist. Flugasche entsteht als Reststoff bei der Kohleverbrennung und wird als Recycling-Baustoff verwendet. Sie erlaubt es, Beton in hoher Qualität herzustellen, verhindert unerwünschte Verformungen des Betons und gilt außerdem als ökologischer Baustoff. Die spezielle Betonrezeptur mit der Flugasche legt sich dicht an die Bambusinnenwände an und schafft ein deutlich höheres Tragvermögen bei Druck und Zug als andere Bambus-Beton-Verbindungen. Zusammengefügt werden die so vorbereiteten Bambusrohre mit Stahlelementen, die bereits beim Einfüllen des Betons fest in den Rohren verankert und mittels Schrauben verbunden werden.

Die Erkenntnisse der Darmstädter Forscher aus den Fachgebieten Statik und Werkstoffe im Bauwesen wurden erstmals beim Bau des Deutsch-Chinesischen Hauses auf der Expo 2010 in Shanghai eingesetzt. Sämtliche Bambusrohre der zweigeschossigen selbsttragenden Konstruktion wurden mit der neuen Technik zusammengefügt. Dadurch entstand ein ebenso umweltfreundliches wie mobiles Haus, das sich in seine Einzelteile auseinanderbauen und an anderer Stelle wieder aufbauen lässt.

Bambus-Konstruktion mit
verbesselter Tragfähigkeit



■ Prof. Dr.-Ing. Harald Garrecht
Institut für Massivbau
Tel.: 06151/16-2244
E-Mail: garrecht@massivbau.tu-darmstadt.de

Prof. Dr.-Ing. Jens Schneider
Institut für Werkstoffe und Mechanik im
Bauwesen
Tel.: 06151/16-2537
E-Mail: schneider@iwmb.tu-darmstadt.de

Neue Materialien schaffen intelligente Verpackungen

Nanotechnologie in der Lebensmittel- und Verpackungstechnik

Nanoskalige Materialien besitzen allgemein eine stark vergrößerte Oberfläche. Dadurch ergeben sich neue, veränderte Eigenschaften, die immer wieder zu innovativen Einsatzmöglichkeiten führen. So können nanoskalige Stoffe viele Produkte des täglichen Bedarfs bis hin zu Lebensmitteln, aber besonders deren Verpackungen, entscheidend verbessern. Auf dem fünften „NanoSurface“-Symposium gaben Experten am 24. Februar in der Justus-Liebig-Universität Gießen einen Einblick in zukünftige, aber auch bereits realisierte Möglichkeiten der Nanotechnologie in der Lebensmittel- und Verpackungstechnik.

Ein Paradebeispiel für nanotechnologisch optimierte Lebensmittelverpackungen sind PET-Getränkeflaschen. Verglichen mit Glasflaschen sind sie leichter und bruchstabiler, besitzen heute aber dieselben Barrierefunktionen wie Glas, sind also vor allem ebenso gasdicht und chemisch stabil. Diese Eigenschaften verdanken sie Nanomaterialien wie amorphem Kohlenstoff und Schichtsilikaten. Sprudelwasser oder Bier ist somit für Handel und Endverbraucher leichter zu transportieren, schmeckt aber ebenso gut und bleibt ebenso lange „spritzig“ wie in Glasverpackungen. Beim Recycling spielen ebenfalls Nanopartikel als Preheat-Additive eine Rolle, die eine schnellere und energieeffizientere Umformbarkeit des Kunststoffmaterials ermöglichen.

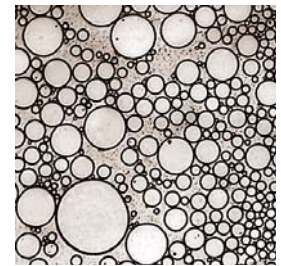
Nano-Verpackungen können mehr

Oliver Miesbauer vom Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung in Freising stellte die durch Nanotechnologie erreichten, bereits weit verbreiteten Verbesserungen für Kunststoffverpackungen wie Antihaft- und Anti-beschlag- sowie verbesserte Barriereigenschaften vor und präsentierte innovative Ansätze, wie antimikrobiell aktive Folien, fälschungssichere und rückverfolgbare Materialien sowie optimierte Biokunststoffe, die zukünftig „intelligenten“ Verpackungen ermöglichen werden. Für den US-Markt wird bereits für 2014 ein 50-prozentige Durchsetzung des Marktes mit nanotechnologisch optimierten, „aktiven“ Verpackungen prognostiziert (Innovative Research and Products Inc., Stanford, 2009).

Fettreduktion durch Nanotechnik

Obschon wir Menschen täglich unzählige natürliche Nanopartikel wie Proteine oder Polysaccharide (Zucker) zu uns nehmen, sind künstliche Nanopartikel in Lebensmitteln wenig verbreitet. Professor Herbert Weber von der Beuth Hochschule für Technik Berlin verwies auf neue Emulgieretechniken durch Ultraschall oder Nanomembranen und Mikrofluidisation, die innovative Emulsionen mit Fetttropfchengrößen im Nanobereich ermöglichen. Durch die künstliche Verkleinerung dieser Tröpfchen wird deren Gesamtoberfläche stark vergrößert, was wiederum eine Verstärkung des Geschmacks und Verbesserung des „mouth feelings“ zur Folge hat. „Mit diesen Techniken lässt sich z.B. die Attraktivität von fettreduzierten Lebensmitteln deutlich erhöhen“, erläuterte Weber. Weiterhin erlaubt eine technische Nanoverkapselung in sogenannte Micellen aus organischen Substanzen eine bessere Löslichkeit und Bioverfügbarkeit von z.B. Vitaminen, Antioxidantien oder Enzymen in funktionellen Lebensmitteln wie Nahrungsergänzungstoffen oder „Fitnessgetränken“. Auf ähnliche Weise wird auch in der Medizin die Bioverfügbarkeit von therapeutisch aktiven Substanzen erhöht.

Rückblick



Innovative Emulgationstechniken, die nano- und mikroskalige Tröpfchen erzeugen, ermöglichen mehr Geschmack bei weniger Fettgehalt. (Quelle: Hielscher Ultrasonics)



Nanotechnologisch optimierte Verpackungen präsentieren Lebensmittel beispielsweise durch Nutzung des Antibeschlag-effektes attraktiver (rechts). Durch Antihaft- und Gasbarrierschichten (links) können eine verbesserte Restentleerung und geringeres Verpackungsgewicht erzielt werden und so dem Verbraucher die Handhabung des Produktes erleichtern und zudem auch ökologische Vorteile bieten. (Quellen: Duni; Fraunhofer IVV)



Eine schwarze Nanobeschichtung ermöglicht bei Alufolien und Alu-Grillpfannen durch eine verbesserte Absorption von Wärmestrahlung die Einsparung von Energie und die Verkürzung der Garzeit um bis zu 30 Prozent (im Vergleich zu herkömmlichen Grillschalen). (Quelle: Nano-X)

Die Gesetzgebung ist mit im Boot

Für solche nanoskaligen Lebensmittelzusätze äußerte auch das Bundesinstitut für Risikoforschung (BfR) in seinem letzten Positionspapier 2008 keine Bedenken. Allerdings plädierte Prof. Weber für eine individuelle Risikoabklärung jeder einzelnen Substanz: „Nur solche Nanomaterialien, für die im menschlichen Körper Abbaumechanismen bestehen, können ohne Bedenken im Lebensmittelbereich verwendet werden.“ Jeder Hersteller ist lt. europäischer Verordnung Nr. 178/2002 des deutschen Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuches rechtlich verpflichtet, die Sicherheit seiner Produkte zu garantieren. In diesem Sinne plant das Bundesumweltministerium den Aufbau eines europäischen Nano-Produktregisters, um Nanomaterialien im Sinne des Vorsorgeprinzips zu registrieren. Eine Kennzeichnung von mit Nanotechnologie behandelten Lebensmitteln forderte kurz nach der Veranstaltung, am 16. März, der Petitionsausschuss des Deutschen Bundestages.

Nanotech verbessert Öko-Bilanz

Auch die Ökologie interessiert sich für Nanotech: Martin Möller vom Öko-Institut e.V., Freiburg, stellte eine aktuelle Studie zu Nanotechnologie bei Lebensmitteln aus dem Sortiment Schweizer Supermärkte vor, die im Auftrag des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung (TA Swiss) durchgeführt wurde. Demnach sind in Lebensmitteln nur wenige nanoskalige Zusatzstoffe zu finden, so etwa Silizumdioxid als „Rieselhilfe“ in Salz und Streuwürzen, Carotinoide als Farbstoffe in Getränken und Micellen zur

Verbesserung der Bioverfügbarkeit von Vitaminen, Omega-3-Fettsäuren oder Coenzym Q. Bei den Verpackungen sind Nanokomponenten weitaus häufiger.

Neben den bereits oben erwähnten nanotechnisch optimierten PET-Flaschen enthalten viele Verpackungsfolien Nanopartikel, die für verbesserte Barrierefunktionen sorgen. „In der ökologischen Bilanz ergibt das eine um ein gutes Drittel verminderte Abfallmenge durch geringeren Verderb sowie eine Verminderung des Treibhauspotenzials von 60 Prozent gegenüber Einweg-Glasflaschen. Das rettet die Welt noch nicht, aber trägt dazu bei“, resümierte Möller. Das toxikologische Risiko schätzt das Freiburger Öko-Institut als gering ein, da eine Migration der Nanomaterialien aus der Verpackungsmatrix unwahrscheinlich ist. Auch die in der Schweiz verwendeten synthetischen Nanomaterialien in Lebensmitteln seien unbedenklich, obschon hier noch Forschungsbedarf bestehe.

Nutzen von Nanotech aktiv kommunizieren

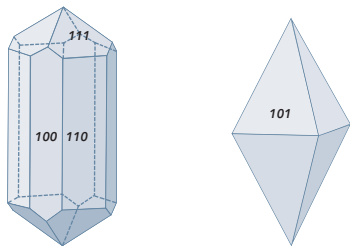
Für kommunikative Aspekte verwies Möller auf Erfahrungen aus der Gentechnik-Debatte: Die Konsumenten erwarten keine allumfassende Sicherheit, sondern ehrliche und ausführliche Information. Es sei deshalb Aufgabe der Hersteller, den Gehalt an Nanomaterialien, aber auch den damit verbundenen Nutzen klar darzustellen. Abschließend empfahl er auch nicht etwa ein spezifisches „Nano-Lebensmittelgesetz“, sondern die Anpassung der bestehenden europäischen Vorschriften für Lebensmittel und ihre Verpackungen.



Zahlreiche Lebensmittelverpackungen profitieren heute schon von nanotechnologischen Verbesserungen. (Quelle: Fraunhofer IVV)

Titandioxid - Ein vielseitiges Material für zahlreiche Anwendungen

Titandioxid, eines der häufigsten Mineralien in der Erdkruste, ist mittlerweile zu einem alltäglichen Begleiter in unserem Leben geworden. Man findet es in Konsumgütern wie beispielsweise Kosmetika, in Farben und Lacken, in Textilien, Papier und Kunststoffen, in Lebensmitteln und Medikamenten oder sogar in Pflastersteinen: Viele Alltagsprodukte nutzen Titandioxid. 2009 wurden laut TZMI¹ weltweit 4,68 Millionen Tonnen produziert, innerhalb der EU sind es 1,5 Millionen Tonnen pro Jahr, berichtet die TDMA². Vor der Finanzkrise, in den Jahren 2007 und 2008, lag die Produktion sogar noch höher. Schon diese Zahlen zeigen, dass die Verbindung TiO_2 , so lautet die chemische Formel von Titandioxid, mehr sein muss als ein weißes Pulver - nämlich ein wahres Multitalent.



Einkristall der Rutilmodifikation (links) und der Anatasmodifikation (rechts) des Titandioxids (Quelle: © 2007 Walter de Gruyter, Riedel/Janiak: Anorganische Chemie)

Seine technische und wirtschaftliche Bedeutung hat Titandioxid vor allem seiner Vielseitigkeit in Größe und Gestalt - und den damit einhergehenden Eigenschaftsvariationen - zu verdanken. Mal kommt es als mikroskaliges Pigment zum Einsatz, mal als Nanoobjekt. Auch seine Kristallstruktur kann variieren; je nach Anordnung der Atome unterscheidet man die Rutil- und die Anatasmodifikation.

Am häufigsten wird TiO_2 als Weißpigment eingesetzt, da es einen hohen Brechungsindex hat und somit in der Lage ist, das einfallende Licht stark zu streuen und zu reflektieren. Deshalb und wegen seiner hohen UV-Beständigkeit gilt es als das Standardpigment für weiße Dispersionsfarben mit hoher Deckkraft. Die Weißpigmente aus Titandioxid sind fast ausschließlich Partikel in der Rutilmodifikation mit Korngrößen im Mikrometerbereich, da der Effekt der Lichtstreuung bei zu kleinen - nanoskaligen - Partikeln nicht mehr auftritt.

Dieses weiße Pigment findet nicht nur in Farben, sondern auch in Lacken, Kunststoffen, Papier sowie Textilien Verwendung. Unter der Kennzeichnung E171 wird es als Lebensmittelzusatzstoff geführt und kommt in Zahncremes, verschiedenen anderen Kosmetika und Medikamenten zur Anwendung. Am schnellsten wächst derzeit der Markt für TiO_2 -Pigmente für den Einsatz in Kunststoffen. Insbesondere die hohe Nachfrage der Verpackungsindustrie führt hier zu steigendem Verbrauch an Titandioxidpigmenten.



Materialien im Fokus

in Kooperation mit



Erfassung, Bewertung und breitenwirksame Darstellung von gesellschaftlich relevanten Daten und Erkenntnissen zu Nanomaterialien
www.nanopartikel.info

Nicht überall, wo „Titandioxid“ drauf steht, sind Nanopartikel aus Titandioxid enthalten. In Zahncreme wird beispielsweise die schleifende Wirkung von Titandioxid-Mikropartikeln zur Entfernung von Zahnbelägen genutzt.

Nanoskaliges Titandioxid, das für spezifische Anwendungen hergestellt wird, ist etwa um den Faktor 100 feinteiliger als die Pigmentform und weist andere physikalische Eigenschaften auf. Das Produktionsvolumen von nano- TiO_2 beträgt weniger als ein Prozent der produzierten Menge von TiO_2 -Pigmenten, wie das Titanium Dioxide Stewardship Council in seinem offenen Brief vom 3. März 2010 erläutert.

Im Gegensatz zur pigmentären Form wird nanoskaliges Titandioxid nicht in Lebensmitteln eingesetzt. Derzeit wird es vor allem aufgrund der hohen Absorptionsfähigkeit von UV-Licht als Wirkstoff in Sonnencremes mit hohem Lichtschutzfaktor, Textilfasern oder Holzschutzmitteln genutzt. Verglichen mit den lange in Sonnencremes eingesetzten Titanoxid-Mikropartikeln, die klebrige und alles andere als einfach und angenehm auf die Haut aufzubringende Pasten ergaben und zudem einen deutlichen weißen Film auf der Haut hinterließen, ist nanoskaliges

1) TZ Minerals International PTY Ltd.

2) Titanium Dioxide Manufacturers Association

Mikroskaliges Titandioxid ist ein sehr gutes Weißpigment. Als UV-Schutzmittel ist es daher in Sonnencremes, insbesondere für solche mit hohem Lichtschutzfaktor, weniger gut geeignet. Titandioxid-Nanopartikel sind dagegen transparent und lassen sich leichter auftragen.



Titandioxid (nano-TiO₂) dagegen transparent und lässt sich wesentlich leichter auftragen. Die Schutzwirkung gegen gefährliche UV-Strahlung ist zudem bei Nanopartikeln deutlich besser; hohe Lichtschutzfaktoren können derzeit nur durch den Einsatz solcher Nanopartikel erreicht werden. Heute kommt Titandioxid in Sonnenschutzmitteln daher ausschließlich in seiner Nanogestalt vor.

Eine weitere Eigenschaft von Titandioxid ist seine photokatalytische Aktivität, die durch das hohe Oberflächen/Volumen-Verhältnis von Nanopartikeln im Vergleich zu Mikropartikeln beträchtlich gesteigert wird. Jedoch ist nicht jede Modifikation hierfür geeignet. Anders als in den bislang genannten Anwendungen in Lichtschutz und Farben, bei denen vor allem Rutil-TiO₂ zum Einsatz kommt, ist für die Photokatalyse vor allem die Anatas-Modifikation geeignet. In Gegenwart von UV-Strahlung kann Anatas-TiO₂ aus Wasser bzw. Luft Radikale bilden, die organische Schadstoffe oxidativ abbauen können. Zur Gewährleistung der Photostabilität, d.h. der Unterdrückung der geringen photokatalytischen Aktivität von Rutil-TiO₂, wird beispielsweise bei Sonnenschutzmitteln das nanoskalige Titandioxid aufgrund dieser Eigenschaft mit weiteren Materialien, insbesondere mit Siliziumdioxid, beschichtet („gecoatet“).

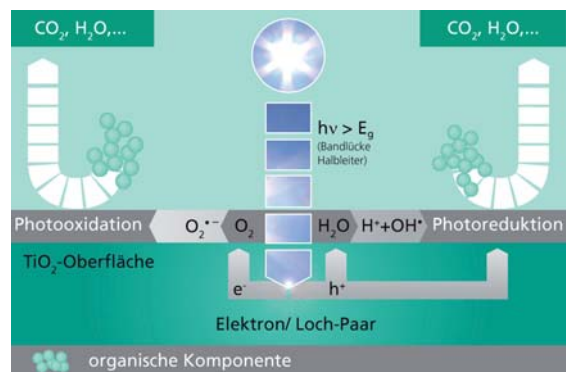


Pflastersteine mit luftreinigender Zusatzfunktion dank photokatalytisch aktivem Titandioxid. (Quelle: F.C. Nüdling Basaltwerke)

Es gibt jedoch viele Anwendungen, in denen die photokatalytische Aktivität auch nutzbringend eingesetzt werden kann. In Fulda wurde von den Franz Carl Nüdling Basaltwerken ein

Pflasterstein entwickelt, der mit Hilfe von Titandioxid die Luft von Autoabgasen „befreit“; ähnliche Pflastersteine, aber auch Kacheln sind in Japan entlang von Straßenverkehrswegen schon im Einsatz. Forscher an der Universität Kassel fanden einen Weg, nano-TiO₂ mit Farbstoffmolekülen derartig zu verzahnen, dass der photokatalytische Prozess auch durch sichtbares Licht und nicht ausschließlich durch UV-Strahlung ausgelöst werden kann (siehe Seite 3). Somit kann das Sonnenlicht deutlich effizienter ausgenutzt werden.

Aufgrund des durch den photokatalytischen Effekt gebildeten hydrophilen Charakters von Titandioxid bildet Wasser auf derartigen Oberflächen einen geschlossenen Film, welcher Schmutz und Abbauprodukte leicht abtransportieren kann. TiO₂-Partikel, eingebracht in Fassadenfarben oder Glasscheiben, führen somit zu selbstreinigenden, insbesondere organischen Schmutz abbauenden Oberflächen. Die hydrophilen Eigenschaften des nanoskaligen Titandioxids werden zudem bei sog. „Anti-Fog“-Beschichtungen ausgenutzt. Der ultradünne Wasserfilm auf einer Glasscheibe, die mit einer transparenten Schicht von nanoskaligem TiO₂ beschichtet wurde, verhindert die Bildung von Wassertröpfchen und folglich auch das Beschlagen. Ein weiteres mögliches Anwendungsgebiet von nanoskaligem Titandioxid liegt im Gebiet der Farbstoffsolarzellen (Grätzel-Zellen).



Prinzip der Photokatalyse an Titandioxid (Quelle: © Fraunhofer IST)

Neben den oben beschriebenen Anwendungen wurden und werden auch die Auswirkungen von nanoskaligem Titandioxid auf den menschlichen Körper und die Umwelt intensiv untersucht. In verschiedenen Studien, u.a. im EU-Projekt Nano-derm, fanden Forscher heraus, dass die gesunde Haut ein wirksamer Schutz vor dem Eindringen von Titandioxid-Nanopartikeln in den Körper ist. Es stellte sich aber die Frage, inwieweit erkrankte oder geschädigte Haut (z.B. durch Neurodermitis oder Sonnenbrand) derar-



Auf Fenstergläsern haben sich seit einigen Jahren Titandioxid-Beschichtungen, die über selbstreinigende Eigenschaften verfügen, in der Praxis bewährt. (Quelle: Pilkington Deutschland)

tige Nanopartikel wirksam zurückhalten kann. Erste veröffentlichte Ergebnisse von Forschern der North Carolina State University und der BASF SE zeigen jedoch, dass auch UV-B-geschädigte Haut das Eindringen von TiO_2 -Nanopartikeln in den Körper verhindert.

Toxikologen untersuchten außerdem die Auswirkungen von Stäuben aus nanoskaligem Titandioxid auf die Lunge. Hier zeigten sich nach Applikation sehr hoher Konzentrationen dieser Partikel Entzündungsreaktionen der Lunge, die stärker waren als bei den Mikropartikeln der Pigmente. Die Entzündungen bildeten sich jedoch nach der letzten Exposition wieder zurück, die Lunge erholte sich. Da keine Produkte mit freien Titandioxid-Nanopartikeln im Handel sind, gilt es hier vor allem, Arbeitnehmer vor solchen Stäuben bei der Herstellung in der chemischen Industrie zu schützen. Entsprechende Schutzmaßnahmen sind mit heutiger Arbeitsschutzausstattung problemlos möglich. Die Schweiz senkte kürzlich den Höchstwert für die Konzentration von nanoska-

ligem Titandioxid am Arbeitsplatz um den Faktor 30 gegenüber herkömmlichen Titandioxid-Pigmenten und schloss sich damit dem Vorschlag des amerikanischen National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) an.

Da die nanoskaligen TiO_2 -Partikel bspw. von der Haut ins Wasser gelangen oder aus Fassadenanstrichen ausgewaschen werden können, wurden in letzter Zeit die Auswirkungen solcher Partikel auf das Ökosystem intensiv untersucht. Diese zeigen eine geringe Toxizität gegenüber Umweltorganismen und Effekte wurden nur in sehr hohen Konzentrationen beobachtet. Die Wirkung von sehr geringen nano- TiO_2 -Konzentrationen über einen längeren Zeitraum, wie es den Verhältnissen in der Umwelt entsprechen würde, wurde bislang nicht untersucht.

Das Multitalent Titandioxid kann also nicht nur auf mannigfaltige Art und Weise eingesetzt werden, es beschäftigt auch vielfältige Bereiche der aktuellen Forschung.

Björn Mathes, DECHEMA

DaNa - Erfassung, Bewertung und breitenwirksame Darstellung von gesellschaftlich relevanten Daten und Erkenntnissen zu Nanomaterialien

DaNa ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördertes Begleitprojekt zu den Nanotechnologiefördermaßnahmen NanoCare und NanoNature mit dem Ziel, Forschungsergebnisse zu Nanomaterialien und deren Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt durch ein interdisziplinäres Team so aufzubereiten, dass sie auch für den Verbraucher verständlich sind. DaNa fördert den Dialog von Wissenschaftlern und Öffentlichkeit über die Nanotechnologie, ihr Risiko-Potenzial, und

was getan wird, um die sichere Umsetzung der Technologie zu gewährleisten. Das Projekt-Team erfasst, bewertet und publiziert Ergebnisse von Projekten zur Sicherheitsforschung an Nanomaterialien, sowie aktuelle Ergebnisse aus der Fachliteratur zur Human- und Umwelttoxikologie. Die Koordination des Projektes obliegt der DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. in Frankfurt.

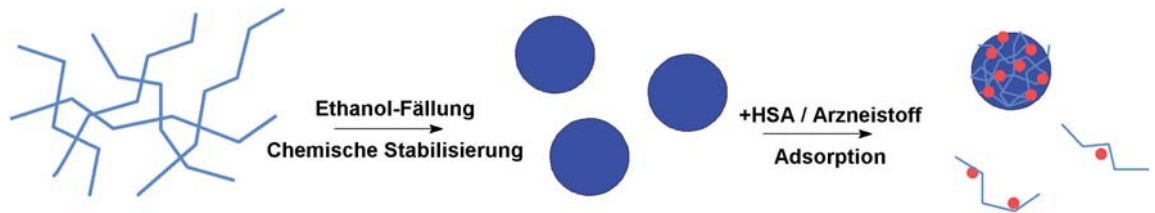
www.nanopartikel.info

Nanocarrier in der Pharmazie

Know-how optimal für die industrielle Anwendung nutzen

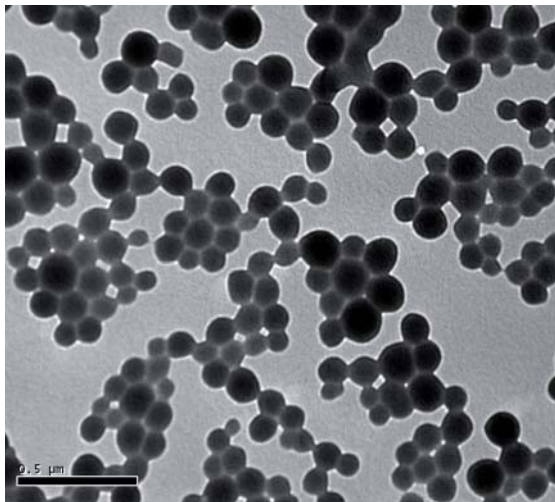
Aus der Forschung

Schematische Darstellung der Arzneistoffbindung an das kolloidale Trägersystem. Nanopartikel werden aus humanem Serumalbumin hergestellt, chemisch stabilisiert und anschließend mit Foscan® beladen.



Die medizinische Anwendung von Nanopartikeln ist keine Entwicklung unserer Zeit. Bereits seit Langem werden Hilfsstoffe, die aufgrund ihrer naturgegebenen Eigenschaften Nanostrukturen aufweisen, in verschiedensten Prozessen eingesetzt, wie etwa das Aerosil®, welches bei der Tablettierung von Wirkstoffen eine große Rolle spielt.

In den letzten Jahren sind sogenannte nanopartikuläre Arzneistoffträgersysteme hinzugekommen, welche Arzneistoffe an die entlegenen Winkel des menschlichen Organismus transportieren können. Sie richten dabei aufgrund ihrer geringen Größe auch bei intravenöser Gabe keinen Schaden an und können das Immunsystem unterwandern, bevor sie ihre Fracht am Entstehungspunkt der Krankheit entladen. Gerade schwierige Erkrankungen wie Krebs oder HIV-Infektionen sind von besonderem Interesse, da die kleinen Helfer hierbei oftmals zu einer verbesserten Verträglichkeit beitragen und bei neuen Wirkstoffen die Hürden für den klinischen Erfolg senken können.



Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme von Arzneistoff-beladenen Nanopartikeln aus humanem Serumalbumin (Balken = 0,5 µm)

In Hessen ist die Goethe Universität seit vielen Jahren aktiv an der Entwicklung solcher Nanopartikel beteiligt. Diese Trägersysteme sind hochvariabel. Durch Einbetten des Wirkstoffs in das Partikelsystem können während des Herstellungsprozesses verschiedenste Arzneistoffe eingeschlossen und für viele Erkrankungen passgenau „verpackt“ werden.

Seit 2010 versucht nun Dr. Matthias Wacker am Institut für Pharmazeutische Technologie der Goethe Universität das bestehende Know-how hinsichtlich einer industriellen Anwendung zu nutzen und neue Verfahren für die Herstellung und Charakterisierung dieser Nanocarrier zu entwickeln. Denn obwohl bereits ein großer Fundus nanotechnologischer Entwicklungen darauf wartet, klinisch (auch am Patienten) getestet zu werden, bewegen sich viele der Untersuchungen noch im Bereich der Grundlagenforschung.

Dass es auch anders geht, bewies eine kleine Firma aus Jena. So ließ die Biolitec AG ihr zugelassenes Arzneimittel Foscan® in einem Verbundprojekt mehrerer Partner aus ganz Deutschland nanotechnologisch „verpacken“, wobei u.a. ein biodegradierbares Trägermaterial auf Proteinbasis zum Einsatz kam. Diese neuartige und mittlerweile zum Patent angemeldete Technologie stellt, so bleibt zu hoffen, gerade für kleine Hersteller „schwieriger“ oder „sensibler“ Wirkstoffe einen Ansporn dar, das Know-how der Hochschulen auch für ihre Innovationen optimal zu nutzen.

■ Dr. Matthias Wacker
Institut für Pharmazeutische Technologie
Goethe Universität / Campus Riedberg
Max-von-Laue-Str. 9
60438 Frankfurt am Main
Tel.: 069/798 296 91
E-Mail: wacker@em.uni-frankfurt.de
www.pharmazie.uni-frankfurt.de/PharmTech/index.html

Natepro – Nanotechnologie-Enabler für Industrie und Handwerk

Unternehmen im Fokus

Die Natepro Produktions- und Vertriebs GmbH mit Sitz in Eichenzell bei Fulda produziert und vertreibt eine breite Palette an technischen Veredelungsprodukten und berät Unternehmen aus Industrie und Handwerk zum sinnvollen und verantwortungsvollen Einsatz von Nanotechnologien.



Industriell können Textilien mit langanhaltender Wirkung wasserabweisend ausgerüstet werden.

Natepro ist ein Systemhaus für chemische Nanotechnologie und konzentriert sich auf die Veredelung von Hochleistungsflächen. Ihren Kunden und Partnern ermöglicht sie zusätzliche Wertschöpfung und einen Wettbewerbsvorsprung durch die Veredelung ihrer Produkte mit neuen Materialien und Oberflächen. „Wir öffnen das Tor zur Nanotechnologie und zum neu entstehenden Markt für integrierte Hochleistungsflächen für verschiedenste Branchen. Auf Basis unserer Technologie schaffen wir neue Funktionen durch die Programmierung der Oberflächeneigenschaften von Materialien“, beschreibt Carsten Schäfer, Geschäftsführer und Gesellschafter, die Chancen, die Natepro den Kunden bietet.

Von der Entwicklung und Produktion innovativer Nanokomposite und Nanoformulierungen über die Produkt- und Prozessintegration bis hin zur Serienproduktion bieten Natepro im Industrie-Dienstleistungsverbund mit führenden Herstellern der chemischen Nanotechnologie Kompetenz als Innovations- und Umsetzungspartner. Aus der langjährigen Erfahrung heraus ist das Unternehmen in der Lage, für nahezu jede Anforderung ein entsprechendes Versiegelungsmaterial in Lackform oder semi-permanenter, transparenter Flüssigkeit anzubieten. Die Produkte sind Wasser beziehungsweise Lösemittel basiert und teilweise auch in wässriger organischer Ausführung erhältlich.

Die Qualität der Produkte soll nach Unternehmensangaben den derzeit höchstmöglichen Standards und der bestmöglichen Sicherheit dieser Technologie entsprechen. Ziel des Unternehmens sei es zudem, als Nano-Kompetenzpartner die breiten Anwendungsmöglichkeiten der Nanotechnologie durch Informationsveranstaltungen, fachkundige Beratung und Schulungen einem breiten Publikum aus Industrie, Handel und Handwerk nahe zu bringen und die langfristige Qualitätssicherung von Nanoprodukten zu gewährleisten.

Die Hauptkompetenzen der Natepro liegen in folgenden Anwendungsbereichen:

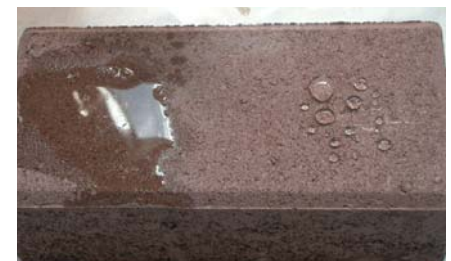
- Bauindustrie (Glas, Metallfassaden-Veredelung, Holz, Beton, Anti-Graffiti, etc.)
- Korrosionsschutz (Metall, Anti-Graffiti, Einbrennsysteme, Tribologie, etc.)
- Textil (permanente Systeme für die Industrie)
- Fahrzeuge (PKW, Camping, Boot, etc.)

„Nutzen Sie Ihr Wertschöpfungspotenzial auf Basis unserer langjährigen Erfahrung und Expertise“, fordert Bruno Stupp, Gründer und ebenfalls Geschäftsführer der Natepro, insbesondere kleine und mittelständige Unternehmen in Deutschland auf. „Die Prozess- bzw. Produktintegration stellt unsere Kernkompetenz dar und bildet das Bindeglied zwischen der Materialentwicklung bzw. Produktion von Nanoformulierungen und dem zu veredelnden Produkt des Kunden.“ Die Herausforderung hierbei bestehe in der Adaption kostengünstiger und verlässlicher Verfahrenstechniken sowie in der Erzeugung der gewünschten Oberflächenqualität. Hier bei sei es oftmals notwendig, ultradünne Schichten mit gleichzeitig hoher Dauerhaftigkeit zu erzeugen ohne zugleich die Baseigenschaften der ursprünglichen Oberfläche wesentlich zu verändern.

- Natepro Produktions und Vertriebs GmbH
zentrale@natepro.com

natepro
Professionelle
Nanotechnologie

www.natepro.com



Während auf der linken Seite des Pflastersteins das Wasser die Oberfläche benetzt und in den Stein einsickert, bleibt das Wasser auf der rechten Seite, die mit einer Nanobeschichtung imprägniert wurde, auf der Oberfläche als Tropfen liegen.

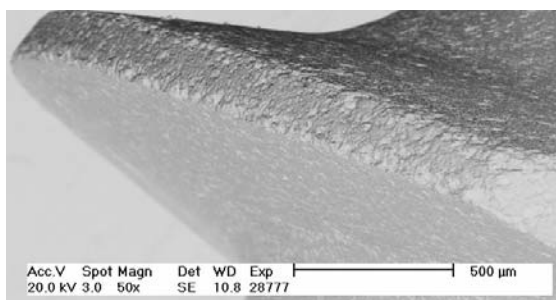
Metallimplantate mit antiinfektiver Beschichtung

Vom Land Hessen geförderte Nanotechnologie-Anwendung ist marktreif

Innovationsförderung



Osteosynthesematerialien, z. B. Platten, Schrauben, Nägel, sind zumeist aus Metall und werden bei der operativen Versorgung von Knochenbrüchen und anderen Knochenverletzungen eingesetzt. Ziel ist dabei die Fixierung der zueinander gehörigen Fragmente während der Bruchheilung. Über Osteosynthesematerialien können während einer Operation gefährliche Keime in den Körper gelangen. Die rapide Ausbreitung von Krankenhausinfektionen in den meisten Industrieländern ist besorgniserregend. Manche dieser Infektionen sind äußerst langwierig und enden oft mit dem Tod des Patienten. Der Krankheitsverlauf stellt in der Regel eine besondere Belastung für den Patienten und seine Angehörigen dar. Die Folgekosten solcher Infektionen sind erheblich.



Mit Nanosilber beschichtete Osteosynthesematerialien können Infektionen von Patienten mit multiresistenten Keimen vermeiden (hier: rasterelektronenmikroskopische (REM)-Aufnahme einer Schraube).

Im Rahmen eines Förderprojektes hat die aap Biomaterials GmbH & Co. KG aus Dieburg zusammen mit dem Universitätsklinikum Gießen und der rent a scientist GmbH aus Regensburg, einem weltweit führenden Hersteller von Silber-Nanopartikeln und Entwickler neuer Applikationen, eine Technologie entwickelt, um Osteosynthesematerialien mit einer antiinfektiven Oberflächenbeschichtung zu versehen.

Mittels einer speziellen Beschichtungstechnologie werden Silber-Nanopartikel fest mit der Metalloberfläche verbunden. Dadurch entsteht eine Oberflächenschicht, die bei minimalem Silbereinsatz über einen hinreichend langen Zeitraum reine Silberionen freisetzt und so Bakterien hindert, sich an der Oberfläche anzusiedeln und sich dort zu vermehren - so wird der Patient vor Infektionen geschützt.

Die Silberbeschichtung ist mechanisch äußerst stabil und besteht die Anforderungen für medizini-

sche Produkte. Dies wurde durch diverse Untersuchungen bestätigt. Biokompatibilitätstest zeigen zudem eine hohe Verträglichkeit der beschichteten Implantate für den Patienten.

Die Konzernmutter der aap Biomaterials, die aap Implantate AG, wird in Kürze Osteosynthese-Produkte mit der neuen Technologie auf den Markt bringen. Die Zusatzkosten für die antiinfektive Oberflächenbeschichtung sollen minimal sein. Patienten und das Gesundheitssystem können auf eine erhebliche Entlastung hoffen, wenn die neuen Produkte schnell vom Markt angenommen werden.

Dieses Projekt (HA-Projekt-Nr.: 143/08-05) wurde im Rahmen der Hessen Modellprojekte aus Mitteln des Landes Hessen und der Europäischen Union (Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung - EFRE) gefördert.

■ Nadine Essel, Projektmanagerin
HA Hessen Agentur GmbH
Abteilung Technologie,
Hessen Modellprojekte
Abraham-Lincoln-Str. 38-42
65189 Wiesbaden
Tel.: 0611/774-8612
E-Mail: nadine.essel@hessen-agentur.de
www.innovationsfoerderung-hessen.de

Hessen Modellprojekte

Förderung angewandter Forschungs- und Entwicklungsprojekte

Das Land Hessen fördert besonders innovative Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Im Rahmen von Hessen Modellprojekte werden bis zu 49 % der Projektausgaben von F&E-Projekten gefördert, die in Kooperation mehrerer Partner (KMU, Hochschulen, Forschungseinrichtungen) durchgeführt werden. Erster Schritt zur Förderung ist das Einreichen einer aussagekräftigen Skizze vor Projektstart. Die landeseigene Wirtschaftsförderungsgesellschaft HA Hessen Agentur GmbH fungiert als Projektträger und ist Ansprechpartner während der gesamten Projektdauer.

Alle Unterlagen und weitere Informationen unter www.innovationsfoerderung-hessen.de.

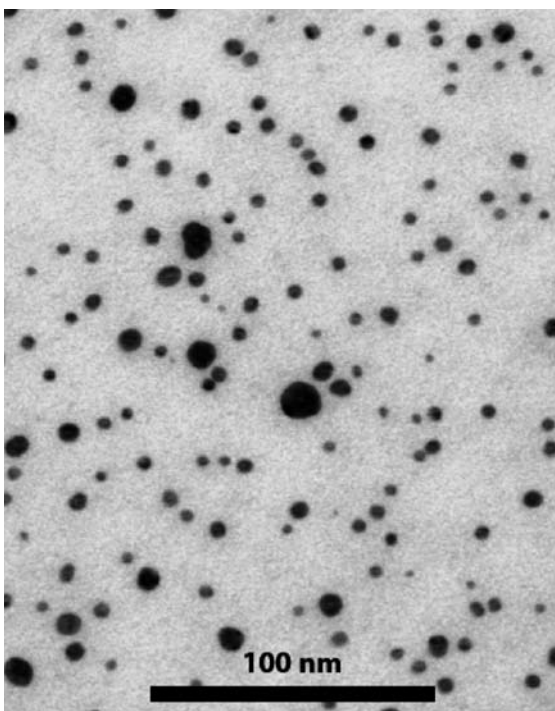
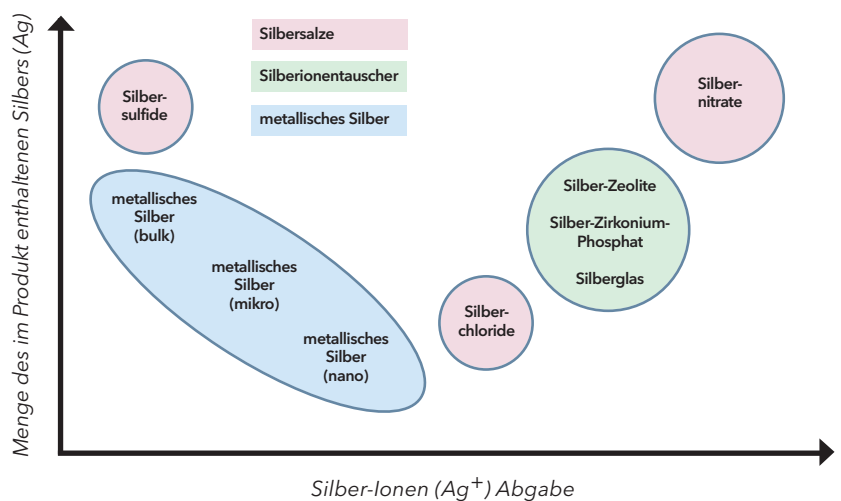
Nanosilber: Neuer Name – alter Wirkstoff

Seit über 100 Jahren im Einsatz gegen Mikroben

Thema im Fokus

Nanosilber ist keine Erfindung aus jüngster Zeit, sondern bereits seit mehr als 100 Jahren in verschiedenen Produkten im Einsatz. Dies zeigt eine neue Studie des Schweizer Forschungsinstituts Empa.

Etliche Nanomaterialien stehen derzeit im Fokus der Öffentlichkeit. Besonders Silbernanopartikel werden sowohl von Wissenschaft als auch von Behörden detailliert untersucht. Die Annahme dahinter: dass es sich bei Nanosilber um eine völlig neue Substanz handelt. Die Empa-Forscher Bernd Nowack und Harald Krug zeigen zusammen mit Murray Height von der Firma HeiQ Materials AG (Bad Zurzach, Schweiz) in einer vor kurzem in der Fachzeitschrift Environmental Science & Technology veröffentlichten Studie, dass Nanosilber keineswegs eine Erfindung des 21. Jahrhunderts ist. Bereits 1889 wur-



Die Elektronenmikroskopaufnahme zeigt Silbernanopartikel in Algaedyn, einem Desinfektionsmittel für Schwimmbäder

den Silberpartikel mit einem Durchmesser von nur sieben bis neun Nanometer erwähnt. Verwendet wurden diese in Heilmitteln oder in Bioziden, um das Wachstum von Bakterien auf Oberflächen zu vermeiden. Zum Beispiel in antibakteriellen Wasserfiltern oder in Algiziden für Swimmingpools.

Das Material ist stets das Gleiche

Bekannt waren die Nanoteilchen als „kolloidales Silber“. Doch gemeint ist damals wie heute das Gleiche: extrem kleine Silberpartikel. Neu ist lediglich die Verwendung der Vorsilbe „Nano“. „Doch“, so Bernd Nowack, „Nano bedeutet weder, dass etwas neu, noch, dass es von vorneherein schädlich ist.“ Als das „kolloidale Silber“ in den 1920er Jahren in großen Mengen auf den Markt kam, löste das zahlreiche Studien und entsprechende Regulierungen seitens der Behörden aus. Schon damals war den Entdeckern der Nanopartikel deren Bedeutung und Wirkungsweise bewusst und klar, dass die besonderen Eigenschaften des „kolloidalen Silbers“ mit der geringen Teilchengröße zusammenhängen.

Jahrelanger Einsatz erlaubt Rückschlüsse

Wasserfilter, die Nanosilber verwenden, sind seit vielen Jahrzehnten im Einsatz, beispielsweise für die Trinkwasseraufbereitung oder in Schwimmbadfiltern. Bis heute gibt es trotz des millionenfachen Gebrauchs keine Berichte über daraus resultierende Schäden für die Gesundheit oder die Umwelt. „Das bedeutet aber nicht, dass die möglichen Auswirkungen der Nanopartikel auf Mensch und Umwelt verharmlost werden sollten“, sagt Nowack. Der langjährige Gebrauch der Filter in privaten Haushalten bietet aber Epidemiologen die einmalige Gelegenheit, die Auswirkungen von Nanosilber auf die menschliche Gesundheit zu erforschen. Wichtig sei es, die Materialeigenschaften von Nanosilber genau zu charakterisieren und nicht einfach die Vorbehalte gegenüber Nanosilber zu glauben.

Nanosilber ist als silberbasiertes Biozid besonders materialeffizient. Dies zeigt der Vergleich der Abgabe an Silberionen Ag⁺ mit der Menge des benötigten Silbers im Produkt für verschiedene biozide Silberzubereitungen. (Quelle: Adaptiert mit Genehmigung aus DOI:10.1021/es103316q. Copyright 2011 American Chemical Society)

Literaturhinweis:

120 Years of Nanosilver History: Implications for Policy Makers, Bernd Nowack, Harald F. Krug, Murray Height, Environ Sci Technol, 2011, DOI: 10.1021/es103316q

Die Veröffentlichung kann gebührenfrei als PDF bezogen werden unter: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es103316q>

Magnetische Mikrosysteme in der Raumfahrt

Magnetische Sensoren auf dem Mars und demnächst unterwegs zum Merkur

Aus dem mst-Netzwerk

Kleine magnetische Sensoren sind inzwischen in Fahrzeugen, Mobiltelefonen, medizinischen Geräten oder Industrierobotern nicht mehr wegzudenken: ob zur Weg-, Winkel- oder Strommessung bzw. als elektronischer Kompass. Der Marktanteil an magnetoresistiven (MR) Sensoren steigt hier stetig. Ein anspruchsvolles Anwendungsgebiet für Produkte des im hessischen Lahnu anässigen Unternehmens Sensitec GmbH bietet auch die Raumfahrt, denn auch hier werden geringe Masse, kleines Bauvolumen, hohe Robustheit unter schwierigen Umgebungsbedingungen oder geringe Leistungsaufnahme gefordert.

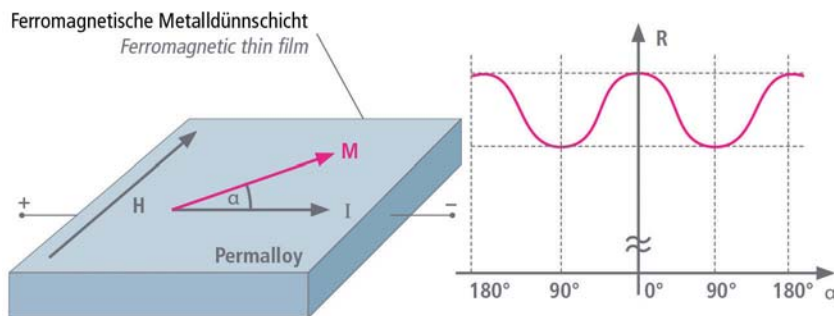


Abb. 1: Änderung des Widerstands (R) in einer AMR-Schicht als Funktion vom Winkel (α) zwischen Strom (I) und Magnetisierung (M)

MR-Technologie

1857 entdeckte der britische Physiker William Thomson, der spätere Lord Kelvin, dass sich der elektrische Widerstand eines stromdurchflossenen Leiters unter dem Einfluss eines Magnetfeldes verändert (Abb. 1). Der von Thomson entdeckte Effekt wurde als „Anisotroper Magnetoresistiver Effekt“ (AMR) benannt und wies eine Widerstandsänderung von nur wenigen Prozent auf. Trotzdem konnte er dank der Weiterentwicklung der Dünnschichttechnik vor ca. 30 Jahren industriell in Schreib-/Leseköpfen für Festplatten millionenfach erfolgreich umgesetzt werden. Durch eine geschickte Anordnung der Strukturen innerhalb des Sensors können heute die unterschiedlichsten Sensoren konstruiert werden, um Magnetfeldwinkel, -stärke oder -gradienten zu erfassen.

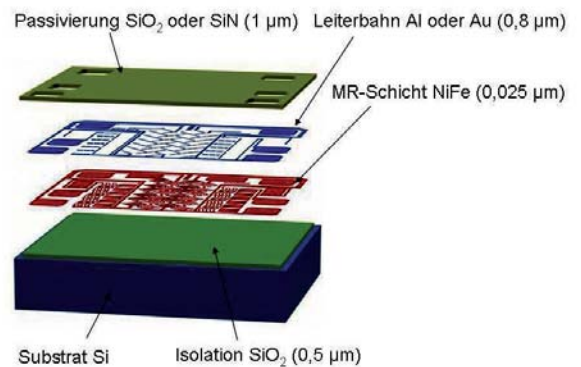


Abb. 2: Struktur eines AMR-Sensors

Der Aufbau eines AMR-Winkelsensors ist verhältnismäßig einfach (Abb. 2). Deswegen sind die passiven Widerstandselemente von Grund aus sehr zuverlässig. Auf einem Silizium-Wafer befindet sich eine Siliziumoxidschicht, die eine Isolation zwischen Wafer und MR-Schicht bildet. Darauf befindet sich die MR-Schicht aus einer Nickel-Eisen-Legierung. Um optimale Sensoreigenschaften zu erreichen, wird Permalloy ($\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$) eingesetzt, welches einen hohen Widerstandswert und sehr geringe Magnetostriktion aufweist. Als nächstes wird eine Schicht aus Gold oder Aluminium zur Erzeugung der Sensorleitbahnen und Kontakte aufgedampft oder gesputtert. Abschließend wird eine Schicht aus Siliziumnitrid aufgebracht, welche als Passivierung gegenüber Umwelteinflüssen dient. Moderne Fertigungstechniken in der Waferproduktion und geeignete Materialpaarungen erlauben es, die Temperaturkoeffizienten für die Ausgangssignalamplitude, die Offsetspannung und den Sensorwiderstand auf ein Minimum zu reduzieren.

Von Prof. Peter Grünberg am Forschungszentrum Jülich und Prof. Albert Fert an der Universität Paris wurde Ende der 80er Jahre der „Giant Magnetoresistive Effect“ (GMR) entdeckt. Hier wurden Widerstandsänderungen von über 50 % gemessen, die noch weitere Anwendungsbereiche für MR-Sensoren eröffneten. Diese Entdeckung wurde 2007 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet. MR-Sensoren eroberten in den letzten Jahren ständig neue Applikationsfelder in der Magnetfeldmessung, sei es als elektronischer Kompass, als Weg- und Winkelmesssystem oder als kleine, potenzialfreie Stromsensoren.

Der GMR-Effekt ist, wie der AMR-Effekt, in ferromagnetischen Materialien beobachtbar. Beim GMR-Effekt hängt die Änderung des Widerstandes von dem Winkel zwischen den Magnetisierungsrichtungen übereinanderliegender Dünnschichten ab (Abb. 3). Es sind also mindestens zwei Schichten erforderlich, die durch eine unmagnetische Zwischenschicht getrennt sind. Wenn kein äußeres Feld anliegt, sind die beiden Schichten antiparallel ausgerichtet. Unter dem Einfluss äußerer Felder drehen sich die Magnetisierungen der Schichten und der Winkel zwischen diesen Magnetisierungen ändert sich. Der Gesamtwiderstand der GMR-Schichten ist maximal, wenn die Magnetisierungen antiparallel ausgerichtet sind und minimal, wenn die Magnetisierungen in die gleiche Richtung zeigen. Ein externes Feld bewirkt also eine Widerstandsabnahme.

Raumfahrtanwendungen für MR-Sensoren

Die Zeitschiene für Raumfahrt-Einsätze von MR-Sensoren aus Hessen geht inzwischen fast 10 Jahre zurück. Im Jahr 2003 begann die NASA-Mission der beiden Mars-Rover „Spirit“ und „Opportunity“ (Abb. 4). Obwohl die Mission nur auf 90 Sols (Marstage) ausgelegt war, funktioniert Opportunity nach über 2400 Sols (November 2010) noch immer, während Spirit seit März 2010 in einem Winterschlafmodus betrieben wird.



Abb. 4: Mars Exploration Rover „Opportunity“ (Quelle: NASA)

39 magnetoresistive Sensoren der Sensitec GmbH, die auf dem anisotropen magnetoresistiven (AMR) Effekt beruhen, kommen in jedem der Rover als Komponente des magnetischen Encoders von Spezialmotoren eines Schweizer Unternehmens zum Einsatz. Dabei sind allein zehn Motoren mit magnetischen Gebern für das sechsrädrige Fahrwerk notwendig. Die weiteren Sensoren erfassen Informationen über die Position der Panoramakamera oder des Probengreifers, mit dem das Mars-Gestein aufgenommen wurde.

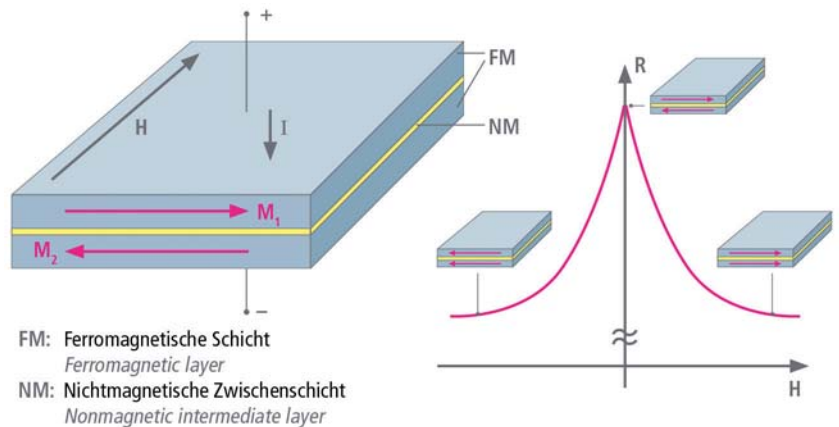


Abb. 3: Typische GMR-Anordnung. Die beiden Magnetisierungen M_1 und M_2 werden durch das externe Magnetfeld H gedreht und führen zu einer großen Änderung des Widerstands (R).

Demnächst wird auch die GMR-Technologie Einzug in die Raumfahrt halten. In 2014 startet die Mission BepiColombo der europäischen Weltraumagentur ESA zum Merkur. Eines der beiden mitgeführten Sonden, der Mercury Planetary Orbiter (MPO), wird das wissenschaftliche Instrument MERTIS (Mercury Radiometer and Thermal Infrared Spectrometer) tragen. Für die Positionierung der Blende des Spektrometers (Abb. 5) werden GMR-Sensoren von Sensitec eingesetzt. Die Blende wird von einem Festkörpergelenk geführt. Auf diesem Gelenk ist ein Magnet fixiert, und der Abstand zwischen Magnet und Magnetsensor dient zur Positionierung. Für Temperaturkompensationszwecke wird ein zweiter GMR-Sensor in die Blendenbaugruppe integriert.

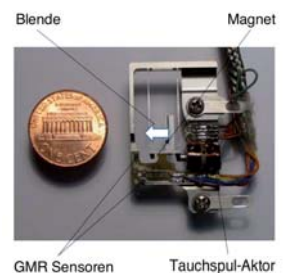


Abb. 5: Blende des MERTIS-Instruments (Quelle: Kayser Threde)

Die Umgebungsbedingungen auf dem Merkur sind herausfordernd: So werden beispielsweise die maximalen Temperaturen über 300°C liegen. Dies stellt die Ingenieure vor erhebliche technische Herausforderungen, war aber ein Grund für die Auswahl der GMR-Sensortechnologie. Denn sie ist robust sowohl gegenüber Infrarot-Wärmestrahlung als auch ultraviolette solare Strahlung.

MERTIS hat wohl eine der weitesten Reisen vor sich, die jemals unternommen worden sind. Der Merkur ist mindestens 80 Millionen Kilometer von der Erde entfernt. Die Raumsonde hat jedoch eine wesentlich längere Strecke zurückzulegen – 2020 soll das Ziel erreicht sein. Eine sehr lange Reise für die mitreisenden magnetischen Mikrosysteme aus Hessen.

■ www.sensitec.de

Termine und Veranstaltungen

14.04.2011 Groß-Umstadt

Nachhaltige Materialkonzepte für Architektur und Design

4. Abendveranstaltung im Rahmen der Veranstaltungsreihe „Material formt Produkt“

■ www.hessen-nanotech.de/material-formt-produkt

24.05.-26.05.2011 Frankfurt

Material Vision

Internationale Fachmesse und Konferenz zu Materialien für Produktentwicklung, Design und Architektur
Hessen-Infostand mit Unternehmen und Hochschulen (geplant)

■ www.material-vision.com

24.05.2011 Frankfurt

Vom Material zum marktfähigen Produkt

Abschlussforum der Reihe „Material formt Produkt“ im Rahmen der „Material Vision“

■ www.hessen-nanotech.de/material-formt-produkt

08.06.2011 Frankfurt

Ressourcenverknappung und Rohstoffsicherung

Halbtagesveranstaltung der IHK Frankfurt und der Aktionslinien Hessen-Umwelttech und Hessen-Nanotech

■ info@hessen-nanotech.de

28.06.-30.06.2011 Frankfurt

LOPE-C - Large-area, Organic and Printed Electronics Convention

Internationale Konferenz und Ausstellung der Organic Electronics Association (OE-A) und der Mesago Messe Frankfurt.
Hessen-Infostand mit Hessen-Nanotech, Optence und Dechema

■ www.lope-c.com

30.08.2011 Darmstadt

Bionik im Betrieb

Auftaktkongress der Aktionslinie Hessen-Nanotech und der IHK Darmstadt für die Reihe zur Bionik und Nano-/Materialtechnologie

■ info@hessen-nanotech.de

10.10.-12.10.2011 Darmstadt

Mikrosystemtechnik-Kongress 2011

Fachkongress des Bundesforschungsministeriums und des VDE

■ www.mikrosystemtechnik-kongress.de

November 2011 Frankfurt

Hessisch/Deutsch-Japanisches Symposium „Energiespeichermaterialien“

Binationale Tagung der Aktionslinie Hessen-Nanotech in Kooperation mit der japanischen Außenwirtschaftsförderungsgesellschaft JETRO im Rahmen des Jubiläums „150 Jahre Freundschaft Deutschland-Japan“

■ info@hessen-nanotech.de

Weitere Veranstaltungsinformationen finden Sie unter www.hessen-nanotech.de/Veranstaltungen.

HESSEN



HessenAgentur

HA Hessen Agentur GmbH

Die Aktionslinie Hessen-Nanotech ist eine Maßnahme des

Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

Sebastian Hummel
Kaiser-Friedrich-Ring 75
D-65185 Wiesbaden
Tel. 06 11/8 15-24 71, Fax: -49 24 71
E-Mail: sebastian.hummel@hmwvl.hessen.de
Internet: www.wirtschaft.hessen.de

Projekträger ist die

HA Hessen Agentur GmbH

Alexander Bracht (Leiter), Markus Lämmer
Abraham-Lincoln-Straße 38-42
D-65189 Wiesbaden
Tel. 06 11/7 74-86 14 oder -86 64,
Fax: 06 11/7 74-86 20
E-Mail: alexander.bracht@hessen-agentur.de
markus.laemmer@hessen-agentur.de
Internet: www.hessen-agentur.de
www.hessen-nanotech.de

Impressum

Herausgeber

Aktionslinie Hessen-Nanotech
HA Hessen Agentur GmbH
Abraham-Lincoln-Straße 38-42
D-65189 Wiesbaden

Redaktion

Markus Lämmer, HA Hessen Agentur GmbH

Beiträge

S. 6 - 7 Dr. Sascha Peters, haute innovation /
S. 9 - 10 Dr. Jürgen Sartorius, freier Fachjournalist

Bildmaterial

Titelbild: „Titandioxid - Ein vielseitiges Material für zahlreiche Anwendungen“; Collage mit Bildmaterial von wikipedia.de (Orci), (c) 2007 Walter de Gruyter, Riedel / Janiak: Anorganische Chemie, Pitopia (manogstock, SC-Photo), Fotolia (Jonathan Vasata, concept w) und Nano-X.
S. 5 Messe Frankfurt Exhibition (Foto: Helmut Stettin), Hessen-Nanotech (Foto: Löffert) / S. 8 TU Darmstadt, (c) MUDI Architekten / S. 11 Pitopia (SC-Photo) / S. 12 Pitopia (Olaf Schuelke) / S. 14 Dr. Matthias Wacker / S. 15 Natepro / S. 16 aap Biomaterials / S. 17 Empa mit Genehmigung der American Chemical Society / S. 18-19 Sensitec

Gestaltung

Muhr, Design + Werbung,
Seerobenstraße 27, D-65195 Wiesbaden

Druck

Bernecker MediaWare AG,
Unter dem Schöneberg 1, 34212 Melsungen

Erscheinungsweise

4-mal pro Jahr (kostenlos)

Auflagenhöhe

7.000 Stück

Newsletter-Abonnement

www.hessen-nanotech.de/Newsletter

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter.

Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit der Meinung des Herausgebers übereinstimmen.

Die Aktionslinie Hessen-Nanotech wird kofinanziert aus Mitteln der Europäischen Union.



EUROPÄISCHE UNION:
Investition für Ihre Zukunft
- Europäische Fonds
für Regionale Entwicklung