



# Hessen-Nanotech NEWS



Europäische Allianz der  
Nanoregionen gegründet

Hessen Agentur gründet  
Tochtergesellschaft „Hessen  
Trade & Invest GmbH“

Ausblick:  
Neue Veranstaltungsreihe  
Nanomedizin

10. Nanotechnologieforum  
Hessen

Rückblick:  
Innovationsmotor Natur

Material formt Produkt II  
- Energy Harvesting und  
Kleinenergiesysteme

Edelmetalle biologisch  
recyclen

CNT - vielseitig begabter  
Kohlenstoff

An **Hessen** führt kein Weg vorbei.

# Liebe Leserinnen und Leser,

## Editorial



Hessen goes Europe. Die Hessische Landesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, Hessen in Europa sichtbarer zu machen. Ein erstes Ergebnis ist das Projekt NANORA (NanoRegionsAlliance) im Nanotechnologiebereich. An dieser Allianz beteiligen sich Regionen aus Deutschland, Belgien, Frankreich, Großbritannien, Holland und Irland. Die EU fördert sie über das INTERREG-Programm IVB NWE mit rund 1,7 Millionen Euro. Das Projekt dauert mehr als zwei Jahre und wird den Ausbau der Hochtechnologieindustrie unterstützen. Gemeinsam können sich die europäischen Regionen als Spitzenstandorte auf dem Weltmarkt profilieren.

Aber auch im regionalen Umfeld sind wir immer am Puls der Zeit. Zum zehnten Mal in Folge präsentiert sich das Nanotechnologieforum Hessen. Einige der Topthemen sind neue Strukturen und Materialien wie Carbon-Nanohorns, elektrochemisch hergestellte Nanodrähte und ultrahochfeste Baustoffe, welche innovative und ressourcenschonende Anwendungen ermöglichen.

Neben Carbon-Nanohorns sind Carbon-Nanotubes (CNT) aufgrund ihrer einzigartigen Materialeigenschaften derzeit ein Topthema. Mit ihnen lassen sich völlig neue Werkstoffe mit spektakulären Eigenschaften entwickeln. Spannende Einblicke in diese und weitere Trends und Innovationen geben Akteure aus Hessen am 16. Mai 2013 auf dem Nanotechnologieforum Hessen in Hanau.

Darüber und über viele andere spannende Themen können Sie sich auf den folgenden Seiten informieren.

**Florian Rentsch**  
Hessischer Minister für Wirtschaft,  
Verkehr und Landesentwicklung

# INHALT

|   |    |   |    |
|---|----|---|----|
| Editorial .....   | 2  | Veranstaltungshinweis: 10. Nanotechnologieforum Hessen .....  | 14 |
| Technologie- und Firmennews .....   | 3  | Aus der Forschung: Industriell unentbehrliche Edelmetalle biologisch recyceln ...                           | 15 |
| International: Europäische Allianz der Nanoregionen in Frankfurt gegründet ..                   | 5  | Materialien im Fokus: CNT - vielseitig begabter Kohlenstoff .....   | 16 |
| In eigener Sache: Hessen Agentur gründet Tochtergesellschaft „Hessen Trade & Invest GmbH“ ..... | 6  | Forschungseinrichtungen: Stiftung DECHEMA-Forschungsinstitut - Forschung für nachhaltige Technologien ..... | 18 |
| In eigener Sache: Aktionslinie Hessen-Nanotech unter neuer Leitung .....                        | 6  | Technologietransfer: Europaweite Unternehmens-Kooperationen .....   | 19 |
| Ausblick: Hessen-Nanotech startet neue Veranstaltungsreihe Nanomedizin .....                    | 7  | Veranstaltungen/Termine .....   | 20 |
| Rückblick: Innovationsmotor Natur ....  | 9  | Impressum .....   | 20 |
| Rückblick: Energy Harvesting und Kleinenergiesysteme .....                                      | 13 |   |    |

## Bewerbungsphase für den Hessischen Kooperationspreis gestartet

Im Jahr 2013 schreibt das TTN-Hessen den 6. Hessischen Kooperationspreis aus. Mit ihm würdigt das Netzwerk für Technologietransfer im Auftrag des Hessischen Wirtschaftsministeriums erfolgreiche und herausragende F&E-Kooperationen zwischen Industrie und Forschung. Im Fokus stehen kleine und mittlere Unternehmen mit bis zu 1.000 Mitarbeitern. Der Preis ist mit 5.000 Euro für den Erstplatzierten, 2.500 Euro für den zweiten und 1.250 Euro für den dritten Platz dotiert. Bewerbungsschluss ist der 31. Mai 2013.

■ [www.ttn-hessen.de](http://www.ttn-hessen.de)

## Elektrische Leichtbau-Traktionsantriebe auf dem Vormarsch

Am 28. Januar 2013 trafen sich die Fachexperten des Innovationsnetzwerks für „Elektrische Leichtbau-Traktionsantriebe“ (NELTA) zu ihrer Kick-off-Veranstaltung in Darmstadt. „Leichtbau im Antriebsstrang ist eine Schlüsseltechnologie, um die Elektromobilität zu ermöglichen. Mit dem Netzwerk NELTA haben wir die Möglichkeit, die hohe Forschungsexpertise des Fraunhofer LBF mit der Technologiekompetenz von KMU aus Hessen und anderen Bundesländern zu vernetzen und gemeinsam dem Markt verfügbar zu machen. Solch komplexe Themen sind nur in einem Netzwerk von Experten realisierbar“, so Herr Prof. Hanselka, Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF und Gründungsmitglied im Netzwerk NELTA.

Vor diesem Hintergrund initiierte die Netzwerkmanagementeinrichtung innos - Sperlich GmbH das Innovationsnetzwerk „Elektrische Leichtbau-Traktionsantriebe“ (NELTA). Das Innovationsnetzwerk NELTA gehört zu den erfolgreich ausgewählten Netzwerken des bundesweiten Förderprogramms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ (ZIM). Die Förderung erfolgt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

■ [www.lbf.fraunhofer.de](http://www.lbf.fraunhofer.de)

## 23,5 Millionen Euro für LOEWE-Projekte in Mittelhessen

Drei LOEWE-Projekte, deren Federführung bei der Justus-Liebig-Universität Gießen liegt, und sechs Verbundprojekte zwischen der Technischen Hochschule Mittelhessen sowie kleinen und mittleren Unternehmen werden vom Land mit insgesamt rund 23,5 Millionen Euro gefördert. Das Zentrum „UGMLC - Universities of Gießen and Marburg Lung Center“ wird bis 2015 weiter gefördert; neu eingerichtet wird der Schwerpunkt „STORE-E - Stoffspeicherung in Grenzschichten“; eine Auslauffinanzierung erhält der Schwerpunkt „AmbiProbe - Massenspektrometrische in-situ Analytik für die Problembereiche Gesundheit, Umwelt, Klima und Sicherheit“.

■ [www.hmwk.hessen.de](http://www.hmwk.hessen.de)

## Mit Nanodiamanten zu effizienterer Energienutzung



Nanodiamanten (Quelle: Robert M. K. Carlson)

Nanodiamanten besitzen besondere Eigenschaften im Hinblick auf Beständigkeit, Transparenz, Stabilität - und darüber hinaus die Fähigkeit zur Elektronenemission sowie die höchste Wärme- und Schallleitfähigkeit. Eine Forschergruppe aus Wissenschaftlern der Stanford University in den USA (mit dem Stanford Linear Accelerator Center und dem Geballe Laboratory of Advanced Materials) und der Justus-Liebig-Universität Gießen (mit der Arbeitsgruppe um Prof. Dr. Peter R. Schreiner, Institut für Organische Chemie) wird aufgrund der herausragenden Ergebnisse in der Forschung der Nanodiamanten mit der Verlängerung der Förderung um weitere drei Jahre und mit einem Förder volumen von 2,3 Millionen US-Dollar vom US-amerikanischen Department of Energy (DOE) belohnt.

■ [www.uni-giessen.de](http://www.uni-giessen.de)



Jetzt bewerben!

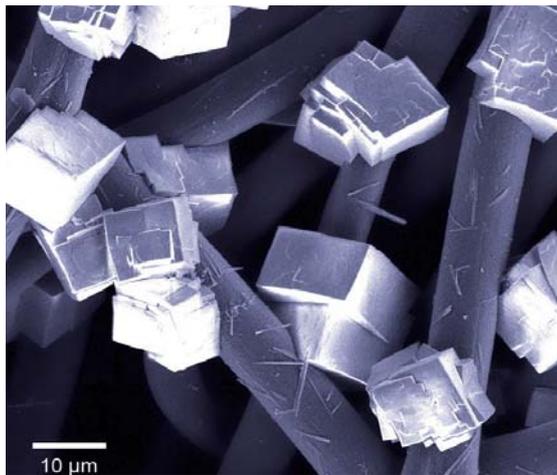
## Wettbewerb „Hessen-Champions 2013“ gestartet

Unternehmen für herausragende Leistungen auszuzeichnen ist das Ziel des Wettbewerbes „Hessen-Champions“. Gesucht werden Firmen, die in ihrer Branche weltweit führend sind, überdurchschnittlich viele neue Arbeitsplätze in Hessen geschaffen oder neue Produkte bzw. Verfahren entwickelt haben. Bewerben können sich alle Firmen mit Sitz in Hessen. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen sind eingeladen, sich am Wettbewerb zu beteiligen. Bewerben Sie sich bis 10. Mai online unter [www.hessen-champions.de](http://www.hessen-champions.de).

■ [www.hessen-champions.de](http://www.hessen-champions.de)

## Neuer Batterietyp entwickelt

Die Erforschung von leistungsfähigeren Speichern für elektrische Energie, insbesondere von neuen Zellkonzepten, gehört zu den dringenden Aufgaben im Rahmen der Energiewende.



REM-Aufnahme der während der Zellentladung entstehenden, würfelförmigen  $\text{NaO}_2$ -Partikel.  
(Quelle: Pascal Hartman, Universität Gießen)

Die Physikochemiker Pascal Hartmann, Conrad L. Bender, Dr. Philipp Adelhelm und Prof. Dr. Jürgen Janek vom Physikalisch-Chemischen Institut der Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU) berichten nun gemeinsam mit Kollegen aus dem BELLA-Labor am Institut für Nanotechnologie des KIT in Karlsruhe und der BASF SE in der Fachzeitschrift „Nature Materials“ erstmals über eine Natriummethyl-Sauerstoff-Zelle. Die von den Gießener Forschern erzielten Ergebnisse stellen für die Elektrochemie des Natriums einen unerwarteten Kenntnissprung dar, der die Forschung auf natriumbasierten Batterien weiter beleben wird.

■ [www.nature.com](http://www.nature.com), [www.uni-giessen.de](http://www.uni-giessen.de)

## Unterlegscheiben werden intelligent

Seit dem 1. Jahrhundert v. Chr. werden Schrauben als Verbindungselement verwendet. Die Technik hat sich bewährt, doch die Ansprüche steigen stetig. Heute möchte man die Spannkkräfte in den Schraubverbindungen möglichst exakt kennen. Der Drehmomentschlüssel kann nur bedingt genaue Informationen liefern: Intelligente Unterlegscheiben sollen dies ändern. Den Fraunhofer-Forschern ist es nun gelungen, Kräfte und Vorspannungen präzise zu messen und kontinuierlich zu überwachen, auch in bewegten Systemen. Hierzu registrieren piezoresistive Dünnschichtsensoren die Kräfte in den Schraubverbindungen und senden diese berührungslos per RFID-Übertragung an entsprechende Lesegeräte. Dadurch können Schrauben besser dimensioniert und montiert werden, was Material und Kosten spart.



■ [www.adaptronik.fraunhofer.de](http://www.adaptronik.fraunhofer.de)

## Heraeus erwirbt Solarpasten-Geschäft der Ferro Corporation

Der Geschäftsbereich Edelmetalle des in Hanau ansässigen Edelmetall- und Technologiekonzerns Heraeus hat das Geschäft mit Solarpasten des US-amerikanischen Konzerns Ferro Corporation erworben. Heraeus übernimmt dabei alle wesentlichen Assets, einschließlich der geistigen Eigentumsrechte, die mit der Entwicklung und Produktion von Metallisierungspasten für Solarzellen in Verbindung stehen. Die vormaligen Ferro-Aktivitäten werden in die Business Unit Photovoltaik, Innovationsführer und führender Anbieter von Metallisierungspasten für Solarzellen, integriert. Mit der Übernahme der Geschäftsaktivitäten am 6. Februar 2013 unterstreicht Heraeus sein Bekenntnis zur Photovoltaik-technologie (PV).

■ [www.heraeus.com](http://www.heraeus.com)

# Europäische Allianz der Nanoregionen in Frankfurt gegründet

International

Hessen gründet europäische Allianz NANORA (NanoRegionsAlliance) zur Entwicklung gemeinsamer Strategien für die Förderung von Nanotechnologie. Koordiniert wird die Initiative vom Hessischen Wirtschaftsministerium, das hierfür mit Partnern aus den Niederlanden, Belgien, Frankreich, Irland und dem Vereinigten Königreich zusammen arbeitet. Der Allianz stehen für die kommenden zweieinhalb Jahre rund 1,7 Millionen Euro Förderung aus dem Topf des EU-Förderprogramms „Interreg IVB Nordwesteuropa“ zur Verfügung. Am 21. Januar 2013 hat Wirtschaftsminister Florian Rentsch stellvertretend für die Allianz den Zuwendungsbescheid unterzeichnet und damit den Weg frei für die Umsetzung gemacht.

„In der Allianz haben sich Regionen zusammengefunden, die allesamt über ganz spezifische Stärken auf dem Gebiet der Nanotechnologie verfügen. Mit der engen Zusammenarbeit unterschiedlicher Partner können wir den für Europa so wichtigen Ausbau der Hochtechnologieindustrie unterstützen“, sagte Rentsch. Nur mit gemeinsamem Handeln könnten sich die europäischen Regionen im weltweiten Wettbewerb als Spitzenstandort profilieren.

Da die Nanotechnologie-Branche als wichtiger Innovationstreiber auch für andere Industriezweige gilt, hat sich die Allianz zum Ziel gesetzt, die Vernetzung zwischen den Regionen zu stärken und damit die Unternehmen zusätzlich zu unterstützen, beispielsweise über die Vermittlung von Forschungspartnern oder Geschäftskontakten.

Die erste Versammlung der neu gegründeten europäischen Allianz der Nanoregionen „NANORA - Nano Regions Alliance“ fand vom 5. - 6. Februar 2013 in Frankfurt am Main statt. Im Rahmen des Treffens stellten die verschiedenen Partner die wichtigsten Unternehmen und Forschungsinstitutionen aus ihrer Region für den Bereich Nanotechnologie vor. Auch über die notwendigen Schritte für die internationale Vernetzung zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen wurde beraten.

## NANORA Workshop auf der EuroNanoForum 2013

Das erste öffentliche Treffen der Allianz mit Stakeholdern aus ganz Europa findet am 20. Juni 2013 im Rahmen des EuroNanoForums 2013 in Dublin statt. Der Workshop soll einen Überblick über die aktuellen transnationalen Förderprogramme geben und untersuchen, welcher Nutzen für Politik, kleinere Mitgliedsstaaten und -regionen entsteht sowie welche Hürden der Nutzung von transnationalen Programmen entgegenstehen können. Eine anschließende Podiumsdiskussion soll aufzeigen, welche Möglichkeiten und Erfahrungen hinsichtlich der Einbindung von Entscheidern aus Hochschulen, Behörden und der Industrie mit Einfluss auf ihre regionalen Förderstrukturen existieren.

- Sebastian Hummel  
Referent für Nano- und Umwelttechnologie  
Koordinator des EU-Projektes NANORA  
Hessisches Ministerium für Wirtschaft,  
Verkehr und Landesentwicklung  
Tel.: +49 611 815-2471  
E-Mail: [sebastian.hummel@hmwvl.hessen.de](mailto:sebastian.hummel@hmwvl.hessen.de)  
[www.wirtschaft.hessen.de](http://www.wirtschaft.hessen.de), [www.nweurope.eu](http://www.nweurope.eu)



## 18.-20. Juni 2013 Dublin (UK) EuroNanoForum 2013

Das von Hessen geführte EU-Projekt NANORA stellt sich auf Europas größter Nano- und Materialkonferenz vor und veranstaltet im Rahmen der Konferenz am 20. Juni 2013 den Workshop „Current and future transnational financial supports“.

Nähere Informationen hierzu finden Sie unter: [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)

# Hessen Agentur gründet Tochtergesellschaft „Hessen Trade & Invest GmbH“

Kerngeschäft Wirtschaftsentwicklung

In eigener Sache



Der neue Geschäftssitz der HA Hessen Agentur GmbH und ihrer Tochter Hessen Trade & Invest GmbH in Wiesbaden

Die landeseigene HA Hessen Agentur GmbH hat eine Tochtergesellschaft mit dem Namen „Hessen Trade & Invest GmbH“ gegründet, die zum 1. Januar 2013 ihre Geschäftstätigkeit aufgenommen hat und neuer Projektträger der Aktionslinie Hessen-Nanotech ist.

„Die neue Gesellschaft wird noch stärker auf die Bedürfnisse der Wirtschaft eingehen. Ihre zentrale Aufgabe ist die Wirtschaftsentwicklung in Hessen mit den Schwerpunktbereichen Standortmarketing, Außenwirtschaft und internationale Kooperationen sowie Technologie und Innovation sein“, sagte Wirtschaftsstaatssekretär Steffen Saebisch. Die Hessen Trade & Invest GmbH wird ihre Zusammenarbeit mit öffentlichen und anderen Organisationen intensivie-

ren und sich institutionell für weitere Mitgesellschafter und Partner öffnen, um die Schlagkraft der hessischen Wirtschafts- und Technologieförderung weiter zu erhöhen.

Die HA Hessen Agentur GmbH bleibt unter dem gleichen Namen als Muttergesellschaft bestehen. Somit erfolgt eine konsequente Trennung des Kerngeschäfts Wirtschaftsentwicklung in der neuen Gesellschaft von den reinen Dienstleistungen, welche die HA Hessen Agentur GmbH für das Land und andere öffentliche Institutionen erbringt. Der Ausgründung ist ein umfassender Evaluierungsprozess im Jahr 2011 vorausgegangen. Zum 1. Oktober 2012 hatte die HA Hessen Agentur GmbH neue Geschäftsräume in der Konradinallee 9 in Wiesbaden bezogen. Die Hessen Trade & Invest GmbH hat ihre Tätigkeit ebenfalls in diesen neuen Räumlichkeiten aufgenommen.

## Aktionslinie Hessen-Nanotech unter neuer Leitung

In eigener Sache



Benjamin Thiering

Veränderung ist die einzige Konstante – und so haben sich auch in der Hessen Agentur und der Aktionslinie Hessen-Nanotech seit Anfang des Jahres einige Neuerungen ergeben.

Mit der Gründung der Hessen Trade & Invest GmbH (HTAI) zum 1. Januar dieses Jahres ist die Aktionslinie in der Abteilung Technologie & Zukunft weiterhin mit der Vernetzung der Branche auf regionaler und nationaler Ebene betraut. Neben der Unterstützung der lokalen Akteure wird zukünftig der Fokus auf die internationalen Beziehungen stärker betont. Eine lebendige Szene am Standort hat hierbei oberste Priorität.

Unabhängig von der Umfirmierung gibt es auch personelle Veränderungen im Team von Hessen-Nanotech. Seit 1. März ist Herr Benjamin Thiering mit der Projektleitung betraut. Herr Thiering hat bereits in den vergangenen Jahren im Biotech-Team der Hessen Agentur Unternehmen und

Forschungseinrichtungen in einem Technologiecluster begleitet.

Verstärkt wurde das Team der Aktionslinie Hessen-Nanotech zum gleichen Zeitpunkt durch eine neue Mitarbeiterin. Frau Nicole Radtke war zuvor u.a. bei einem Nanotechnologie-Unternehmen im technischen Marketing tätig und wird künftig im Projektmanagement u.a. bei Events und der Fachschriftenreihe aktiv sein (Kontakt Daten im Impressum).

Alexander Bracht, der die Aktionslinie 2004 im Auftrag des Hessischen Wirtschaftsministeriums aufgebaut und in den vergangenen Jahren geleitet hat, ist nun als Leiter der Abteilung Innovations- und Nachhaltigkeitsprojekte bei der Hessen Agentur tätig. Markus Lämmer, der seit 2005 für die Aktionslinie Hessen-Nanotech tätig ist, wird ab Juni als Projektmanager bei der Hessen Agentur Aufgaben in den Bereichen Wissenschaft sowie Energie und Nachhaltigkeit übernehmen.



Nicole Radtke

# Hessen-Nanotech startet neue Veranstaltungsreihe Nanomedizin

Ausblick

**Paul Ehrlich hatte einen Traum. Der Arzt wollte „magische Kugeln gießen, die nur die Krankheitserreger treffen.“ Die Nanomedizin ist dabei, Ehrlichs Traum zu verwirklichen - und noch mehr. Mit Hilfe von Nanotechnologie sollen Wirkstoffe zielgerichtet zum Krankheitsherd gebracht, Krankheiten in frühesten Stadien diagnostiziert oder Impfungen gegen Krebs möglich werden.**

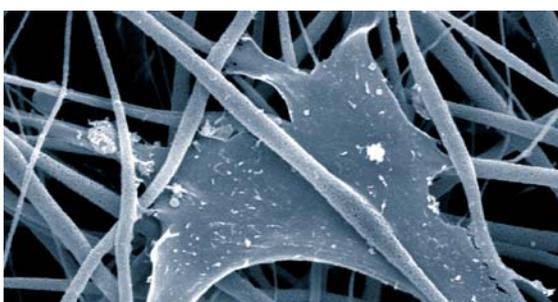
Zum Teil sind die Visionen schon Realität: 247 nanomedizinische Produkte gibt es laut einer Studie der University of Minnesota<sup>1</sup>.

Wer mehr über Nanotechnologie in der Medizin lernen will, ist zur Veranstaltungsreihe Nanomedizin eingeladen. Die Auftaktveranstaltung findet am 5. Juni 2013 im Fortbildungszentrum der Landesärztekammer in Bad Nauheim statt.

## Neuartige Transportsysteme für die Krebstherapie und Diagnostik

Vom gezielten Wirkstofftransport profitiert besonders die Krebstherapie. Bei herkömmlichen Therapien erreicht nur ein Teil der Dosis den Tumor, der Rest trifft gesundes Gewebe. Das hat schwere Nebenwirkungen zur Folge und begrenzt die wirksame Dosis.

Nanopartikel hingegen kommen Ehrlichs Traum sehr nahe. Sie besitzen gerade die richtige Größe, um die gegenüber gesundem Gewebe vergrößerten Poren der Blutgefäße von Tumoren zu durchdringen. Sie gelangen daher zum Tumor, nicht aber zu gesundem Gewebe und liefern im Huckepack den Wirkstoff exklusiv zu den kranken Zellen.

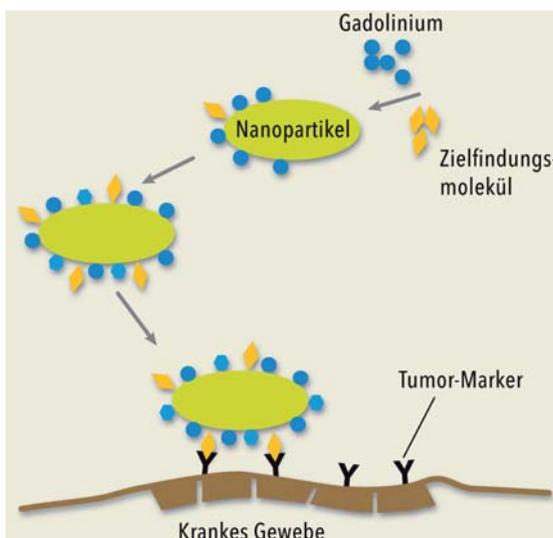


Zelle auf einer Matrix aus Poly(lactid)-Nanofasern (Quelle: AG Wendorff, Universität Marburg)

Neben diesem passiven Targeting gibt es auch ein aktives, das den gezielten Wirkstofftransport

noch effizienter macht: Kranke Zellen tragen an der Oberfläche bestimmte Rezeptor-Moleküle. Trägt das Nanopartikel das passende Gegenstück, kann es sich an einen Rezeptor heften, wodurch es mit dem Wirkstoff ins Innere der Zelle verfrachtet wird - das Partikel wird zum Trojanischen Pferd.

Mit dem aktiven Targeting lässt sich auch die Diagnostik verbessern. Denn die Nanopartikel bringen Kontrastmittel für bildgebende Verfahren zum Krankheitsherd. Durch den erhöhten Kontrast sollen Krankheiten wie Arteriosklerose schon vor Auftreten von Symptomen erkannt werden. Die Medizin könnte so mehr zu einer vorsorgenden Heilkunst werden.



Das Prinzip des Trojanischen Pferdes kann auch genutzt werden, um Wirkstoffe durch biologische Barrieren zu schleusen, etwa die Blut-Hirn-Schranke. Prof. Dr. Jörg Kreuter von der Universität Frankfurt hat dies für den Wirkstoff Doxorubicin erreicht, der gegen einen bislang unheilbaren Hirntumor helfen soll. Der Transfer über die Blut-Hirn-Schranke bietet auch Chancen für die Behandlung von Parkinson oder Alzheimer. Das Überwinden der Luft-Blut-Schranke mithilfe von Nanopartikeln soll eine inhalative Verabreichung von Wirkstoffen ermöglichen, etwa gegen Asthma, Mukoviszidose oder Lungenhochdruck.

Nanopartikel dienen nicht nur als Transportvehikel für klassische Wirkstoffe, sondern auch für neu-



Paul Ehrlich (\* 14. März 1854 in Strehlen bei Breslau; † 20. August 1915 in Bad Homburg vor der Höhe) war ein deutscher Arzt und Forscher. Durch seine Färbemethoden unterschied er verschiedene Arten von Blutzellen, wodurch die Diagnose zahlreicher Blutkrankheiten ermöglicht wurde.

Prinzip der Molekularen Bildgebung: Die bildgebende Komponente und das Zielfindungsmolekül werden an einen Nanopartikel gekoppelt. Durch das Zielfindungsmolekül erfolgt die Anreicherung im kranken Gewebe. (Quelle: Nanomedizin, Hessen-Nanotech)

artige Biopharmazeutika, die aus Proteinen bzw. Nukleotiden bestehen. Dies ist ein stark wachsendes Segment der Nanomedizin<sup>2</sup>. Auch wegen zu geringer Löslichkeit auf konventionellem Weg nicht einsetzbare Wirkstoffe können durch Nano-Transporter nutzbar gemacht werden.

Schließlich wirkt das Partikel selbst als Wirkstoff. Das Unternehmen Merck erforscht mit Partnern eine neue Nanopartikel-Krebstherapie, die einer Impfung ähnelt. Dabei imitiert das Partikel einen Eindringling, und aktiviert so das Immunsystem. Da das Partikel mit tumorspezifischen Antigenen bestückt wurde, richtet sich das Immunsystem nach seiner Aktivierung auch gegen Tumorzellen. Ein entsprechendes Produkt namens Stimuvax wurde klinisch getestet und wirkte bei bestimmten Probanden-Subgruppen.

### **Nanotechnologie in der Orthopädie und der regenerativen Medizin**

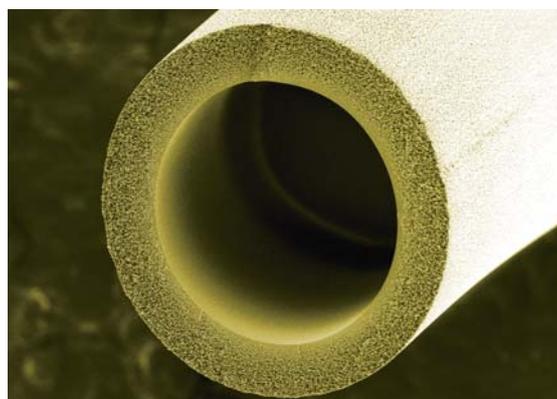
Ein weiteres Anwendungsfeld der Nanomedizin sind Implantate. Eine dem natürlichen Knochenbau nachempfundene Beschichtung aus Hydroxylapatit-Nanopartikeln der Firma Biomet etwa beschleunigt das Verwachsen von Knochen und Implantat. Andere Nano-Beschichtungen sollen biologisches und künstliches Material besser verbinden und so das Risiko einer Abstoßung, etwa bei Herzschrittmachern, vermindern.

Auch als Schlüssel für die regenerative Medizin gilt die Nanomedizin. Geforscht wird an Gerüsten aus Nanofasern, die mit Stammzellen in den Körper injiziert werden sollen, um fehlendes Gewebe oder Organe zum Nachwachsen zu stimulieren. Die Entwicklung solcher Nanogerüste ist ein weiterer Trend<sup>3</sup>. Eine Paste aus Calciumphosphat-Nanokristallen, die mit Nukleinsäuren beschichtet sind, erfüllt einen ähnlichen Zweck: in geschädigte Knochen injiziert, heilen diese besser. Entwickelt hat diese Paste Prof. Dr. Matthias Epple von der Universität Duisburg.

### **Kein Pauschalurteil über Nano-Risiken: Fallspezifische Risikobetrachtung ist nötig**

Beim Design der Nano-Arzneimittel müssen die Forscher Einiges beachten. Zum einen die Biopersistenz: die Partikel sollen zwar lange genug im Körper bleiben, um ihre Wirkung zu entfalten, aber abgebaut und ausgeschieden werden, wenn der Job erledigt ist.

Ein weiterer Punkt, der berücksichtigt werden muss, sind mögliche Risiken. Den Anwendungen der Nanomedizin ist eigen, dass künstlich hergestellte Nanomaterialien, also Nanopartikel, Nanofasern oder nanostrukturierte Oberflächen in den Körper des Patienten gelangen. Es gibt die Besorgnis, Nanomaterialien brächten neue Risiken für die Gesundheit des Patienten mit sich. Denn gegenüber größeren Teilchen der gleichen Substanz besitzen Nanomaterialien oft veränderte physikalische und chemische Eigenschaften, sowie eine im Verhältnis zur Masse riesige Oberfläche, die eine erhöhte chemische Reaktivität verursacht. Die Kleinheit von Nanopartikeln oder Nanofasern erhöht auch deren Bioverfügbarkeit und damit ihre Chance, Organe zu erreichen. Doch ein Pauschalurteil über Nanomaterialien kann es nicht geben. Denn die Toxizität hängt von vielen Faktoren außer der bloßen Nano-Größe ab, etwa von der Form. So sind Kohlenstoff-Nanoröhrchen erst ab einer gewissen Länge toxisch. Auch eine Beschichtung der Nanopartikel-Oberfläche kann die Toxizität verändern<sup>4</sup>. Jedes Nanomaterial verlangt also seine eigene Risikobetrachtung.



*Die Veranstaltung zeigt auch nanotechnologische Entwicklungen in der Medizintechnik auf. Hier am Beispiel: Eine mit der nanokontrollierten Spinn-technologie hergestellte Helixone® Dialysatormembran (Innendurchmesser 185 µm). (Quelle: Fresenius Medical Care AG)*

Vertiefte Information über Nanomedizin liefert die oben genannte Veranstaltungsreihe in der Auftaktveranstaltung und den zwei Workshops zu den Schwerpunkten Orthopädie und Chirurgie sowie Onkologie und Radiologie. In 2014 soll die Reihe mit weiteren Veranstaltungen u.a. zu Herz- und Lungenmedizin fortgesetzt werden. Veranstalter ist die Aktionslinie Hessen-Nanotech des Hessischen Wirtschaftsministeriums, die Landesärztekammer Hessen und weitere Partner.

*Christian Meier*

1) 2) 3) Etheridge, M.E., et al: "The big picture on nanomedicine: the state of investigational and approved nanomedicine products"; Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine 9 (2013) 1-14.  
4) Hessen-Nanotech NEWS 1/2012.

„Bionik ist in den Köpfen aller Wissenschaftler“, sagte Prof. Claus Emmelmann von der Technischen Universität Hamburg-Harburg beim Workshop „Form und Funktion - Innovationspotenziale der Bionik“ auf der EuroMold in Frankfurt. Sie sei eine Riesenchance für Ingenieure, nicht nur Optimierungen von ein paar Prozent, sondern echte Quantensprünge zu vollziehen. Damit umschrieb Emmelmann die wichtige Rolle der Bionik als Innovationsmotor. Er und fünf weitere Referenten zeigten dem interessiert lauschenden und diskutierenden Publikum praxisorientierte Beispiele für die Kraft der Bionik, Ideen der Natur in attraktive neue Produkte zu verwandeln. Auf anschauliche und unterhaltsame Weise referierten sie über bionisch inspirierte Roboter, bionischen Leichtbau und damit verbundene Einsparpotenziale, über bionisch inspirierte Produktgestaltung und Materialentwicklung. Im Anschluss stellte Sigrid Belzer von Bionik-Sigma das neu initiierte Bionik-Netzwerk Hessen vor, dessen Geschäftsstelle eine Anlaufstelle für Unternehmen und Institutionen bietet, die Problemstellungen mit Hilfe der Bionik lösen möchten.

„Ideen Flügeln verleihen und ihnen einen ersten Marktzugang verschaffen.“ So umriss Elias Maria Knubben von Festo AG & Co.KG in Esslingen das Hauptziel des Bionic Learning Networks, eine Kooperation zwischen dem Unternehmen und renommierten Hochschulen, Instituten und Entwicklungsfirmen. „Die Inspiration kommt von der Natur“, sagte Knubben. Im Fokus stehe dabei die Steuerungs- und Regelungstechnik, denn auf diesem Gebiet besitze Festo als Hersteller von Fabrik- und Prozessautomation seine Kernkompetenz. „Hier wollen wir neue Wege gehen“, sagte Knubben. So könnten beispielsweise autonome Roboter mit Schwarmintelligenz ausgestattet werden.

Knubbens Vortrag weckte beim Publikum eine Ahnung davon, wie sehr Bionik die Robotertechnik verändern könnte und dies zum Teil schon tut. Vom Elefantenrüssel, von Fischflossen oder vom Gecko inspiriert sind die Prototypen, die Knubben als Ergebnisse des Bionic Learning Networks, teilweise sehr anschaulich per Video, vorstellte.



*Sigrid Belzer, Bionik Netzwerk Hessen, im Dialog mit Elias Maria Knubben von Festo (Quelle: Bionik-Netzwerk Hessen)*

Präzises und flexibles Greifen: das können Elefanten mit ihrem Rüssel. Mit diesem Naturprinzip im Hinterkopf hat das Bionic Learning Network eine Greifarm entwickelt. Der an einen Elefantenrüssel erinnernde Greifarm besteht aus Kunststoff und lässt sich per Luftdruck gezielt versteifen. Das macht ihn nicht nur frei beweglich. Weil der Arm weich ist, stellt er keine Gefahr für einen Menschen dar und macht die direkte Kooperation zwischen Mensch und Roboter ohne Sicherheitskäfig möglich.

Ein weiteres Beispiel aus Knubbens Vortrag: der Prototyp einer Handygreifmaschine. In dem Video, das der Industriedesigner zeigt, ist zu sehen, dass die Handys nicht gegriffen werden, sondern beim Anheben an einer Art Grifffläche kleben. An dieser befindet sich eine Folie, die von den Füßen des Gecko inspiriert wurden. Dank ultrafeiner Härchen mit wenigen Nanometern (Millionstel Millimeter) Durchmesser kann das Tier kopfüber an Glasscheiben laufen. „Die Folie hat 29.000 solcher Haftfüße pro Quadratzentimeter“, erläuterte Knubben. Die Handys haften dank der sogenannten van-der-Waals-Kräfte an dem Greifer, ohne zu kleben. Das ermöglichte ein sehr energieeffizientes Handling der Ware. Aufgrund sehr positiver Rückmeldungen zu dieser Entwicklung soll daraus nun möglichst schnell ein Produkt entstehen.

Ebenfalls sehr praxisnah gestaltete Prof. Claus Emmelmann seinen Vortrag. „Maximale Gestaltungsfreiheit“ bietet das so genannte additive Laserverfahren, sagte der Maschinenbau-Inge-

nieur. Da Einschränkungen in der Formgebung wegfielen, sei es möglich, von der Natur inspirierte Formen umzusetzen. So werde ein enormes Leichtbaupotenzial erschlossen, sagte Emmelmann.

Das additive Laserverfahren verschweißt Metallpulver Schicht für Schicht zu dreidimensionalen Metallstrukturen, auf ähnliche Weise wie es ein 3-D-Drucker mit Kunststoff tut. Emmelmann zeigte mehrere bionische Bauteile, die sich wegen ihrer naturnahen Formen nur auf diese Weise herstellen lassen. Etwa eine vom Bambus inspirierte Stützstruktur für den Flugzeugbau. Sie weist gegenüber dem gefrästen Bauteil nicht nur eine erhöhte Knickstabilität auf, sondern ist auch um mehr als ein Viertel leichter als diese.

Emmelmann betonte, die Formen der biologischen Vorbilder ließen sich mit dem additiven Laserverfahren sehr exakt nachbilden. „Die natürlichen Vorbilder sind durch die Evolution sehr gut optimiert“, sagte der Maschinenbau-Ingenieur. Als Beispiel für die Freiheit und Präzision in der Formgebung nannte er die Herstellung von Hüftpfannen. Diese könne dank dem additiven Laserverfahren direkt aus Patientendaten erfolgen. Dabei erleichtere eine in die Pfanne integrierte, sehr feine Netzwerkstruktur das Anwachsen des Knochens. „Die Netzwerkdichte kann genauso gewählt werden wie im Körper“, sagte Emmelmann. Dadurch halte das Implantat statt 10 Jahren rund 20 Jahre.

Ebenfalls um Leichtbau ging es im Vortrag von Wolfgang Sachs von der Firma sachs engineering in Engen am Bodensee. Der Geschäftsführer des Ingenieurbüros für Produktentwicklung, FEM-Berechnung und Leichtbau machte dem

Publikum zunächst deutlich, wie wichtig Leichtbau und die damit verbundene Materialeffizienz aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist. Fast die Hälfte, nämlich gut 45 Prozent, tragen die Materialkosten zu den Kosten in der produzierenden Industrie bei. „Jedes Prozent, das man hier einspart, geht in den Gewinn über“, sagte Sachs. Für den Maschinenbau-Ingenieur Motivation genug, bei der Natur nach Leichtbau-Inspiration zu suchen. Dabei arbeitet sachs engineering mit Prof. Claus Mattheck, Materialforscher am Karlsruher Institut für Technologie. Sachs zeigte sehr anschaulich, wie ein allgemeines Konstruktionsprinzip aus der Natur Kraftfahrzeug-Bauteile um bis zu 39 Prozent leichter machen kann. „Plakatativ hochgerechnet auf alle Fahrzeuge lassen sich dabei Millionen Euro Materialkosten sparen“, sagte Sachs. Die Gewichtseinsparnis bringt gleichzeitig noch Tausende von Tonnen CO<sub>2</sub>-Ersparnis.

Hinter diesen beeindruckenden Zahlen steckt das Prinzip der konstanten Spannung. Die Natur wendet es beispielsweise beim Baumwuchs an. Es lässt sich etwa bei so genannten Luftwurzeln beobachten. Diese Bäume haben oft mächtige Äste, die am Stamm sehr dünn beginnen und sich dann kontinuierlich verdicken. Sie brechen dennoch nicht ab, da irgendwo aus ihrer Mitte Wurzeln sprießen, die wie Pfeiler zum Boden wachsen und die Äste abstützen. Wegen dieser Stütze wirkt am Ursprung des Astes am Stamm wenig Spannung. „Deshalb wird der Ast dort auch nicht dicker“, sagte Sachs. Das Wachstum passe sich der Last an. Material wächst also dort, wo die Spannung am größten ist. Somit wird die Spannung gewissermaßen gerecht verteilt. Das spart Material, weil es keine schwach belasteten und damit überdimensionierten Stellen gibt und erhöht gleichzeitig die Lebensdauer, weil bruchanfällige Stellen mit sehr hoher Spannung wegfallen.

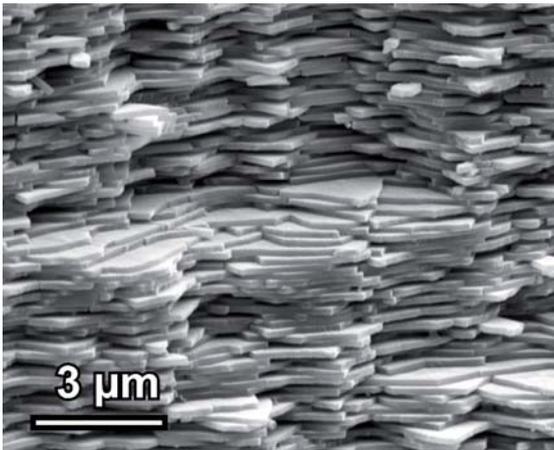
Prof. Mattheck hat auf Basis dieses Prinzips eine Gestaltoptimierungsmethode für Bauteile entwickelt. Sachs stellte mehrere Beispiele für formoptimierte Bauteile vor. Etwa einen Lagerblock für eine Sattelkupplung, die statt rund 15 Kilogramm nur noch 11,6 Kilogramm wog. „Es lässt sich auf diese Weise eine ganze Reihe von Bauteilen im Fahrzeug optimieren“, sagte Sachs. Neben den Materialkosten sinke oft auch der Energieverbrauch bei der Herstellung, fügte er hinzu.

Wie die Bionik ihre Arbeit als Gestalterin bereichert, stellte im Anschluss Prof. Anke Bernotat von der Folkwang Universität der Künste in Essen vor. „Die neuen technischen Möglichkeiten der Bionik kann ich als Gestalter so nutzen, dass sie für unser Zusammenleben nützlich und akzeptabel integriert werden können“, sagte die Designerin, die in London für den Architekten Sir Norman Foster sowie den Produktdesigner Jasper Morrison gearbeitet hat. Die methodische Vorgehensweise der Bionik sei für den Gestalter erkenntnisreich, da sie festgefahrene Blicke löse sowie Paradigmenwechsel und neue Gedanken erzeuge.

Bernotat plädierte dafür, bei der Technologieentwicklung neben der Effizienz auch die Schön-

Prototyp Bionischer Leichtbau von der Technischen Universität Hamburg-Harburg





**Bild oben: Perlmutter - Vorbild für neue Materialien (Quelle: Universität Bremen)**

**Bild unten: REM-Aufnahme der Calciumcarbonat-Schichten einer Perlmutter-Muschel (Quelle: Universität Bremen)**

heit mehr in den Fokus zu stellen. „Designer sind Schönmacher“, sagte sie. Und Schönheit sei kein unnötiger Luxus.

Auch in der Natur gehe es nicht allein um Effizienz, sondern auch die Schönheit spiele eine wichtige Rolle, sagte Bernotat. Als ein Beispiel nannte sie den Laubenvogel. „Er baut besondere Laubenbauten, schmückt diese mit prachtvollen Objekten und Farben. Voller Stolz stellt er seine Prachtbauten vor, mit dem Ziel, die für ihn schönste und passendste Braut zu finden.“ Die Gestalterin fragte dann: „Sind wir Menschen dem Laubenvogel nicht ein bisschen ähnlich? Suchen wir nicht auch nach der für uns schönsten Wohnung, dem besten Paar Schuhe, oder dem uns zum Vorteil kleidenden Anzug, um unserem Partner oder unserer Partnerin zu gefallen?“ Statt Schönheit und Funktion zu trennen, solle man sich um die Qualität von Produkten bemühen, was dann von selbst zu einer impliziten Schönheit und Einzigartigkeit führe.

Bernotat ging dann auf die Zusammenarbeit von Bionik und Design ein. „Gute Designarbeit

kann für die Ergebnisse der Bionik Akzeptanz schaffen“, sagte sie. „Umgekehrt verhelfen die Methoden der Bionik dem Designer zum Perspektivwechsel und zu neuen Denkmodellen.“ Zur Umsetzung dieser Ideen kooperiert die Essener Folkwang Universität der Künste mit dem Fraunhofer-Institut Umsicht. Dabei ist als erstes Ergebnis des Forschungsprojektes Bionic Manufacturing der Freischwingerstuhl Cellular Loop entstanden. Mit seiner Wabenstruktur und seiner Form eines naht- und endlosen Bandes, ähnlich einem Möbiusband, verbindet er notwendige Steifheit und Stabilität mit der Elastizität eines Freischwingers und unterscheidet sich ästhetisch dennoch von einem herkömmlichen Freischwinger. „All diese Eigenschaften verdankt er der Übertragung von Konzepten aus der Natur auf seine Konstruktions- und Produktionsmethode“, sagte Bernotat.

„Schönheit ist unglaublich wichtig“, pflichtete Professorin Monika Fritz von der Universität Bremen ihrer Vorrednerin bei. Das verwundert nicht, denn der Forschungsgegenstand der Biophysikerin ist beinahe ein Inbegriff von Schönheit: Perlmutter. Fritz hat sich vorgenommen, künstliche Materialien nach dem Vorbild des Perlmutter herzustellen. Diese sollten nicht nur deren Anmut teilen, sondern vor allem deren Stabilität. „Die Bruchzähigkeit des Perlmutter liegt zwischen der von Knochen und der von Stahl“, verdeutlichte Fritz die außergewöhnlichen mechanischen Eigenschaften des Naturmaterials. Der Stoff stelle somit eine Keramik dar, der allerdings deren Schwachpunkt fehle: die Sprödigkeit. Darüber hinaus schafft das Perlmutter, was Schiffsrümpfe ohne den Einsatz von Gift nicht können: sich einige Zeit frei von Bewuchs mit Algen, Seepocken oder ähnlichem zu halten. Dabei besteht das Naturmaterial lediglich aus ungiftigen Komponenten: Calciumcarbonat, Chitin und diversen Proteinen.

Was das Perlmutter darüber hinaus für die Technik interessant macht: „Die Schnecken schaffen bei Raumtemperatur, was die Industrie nur bei harschen Bedingungen schafft“, sagte Fritz. Es wiken also Energieersparnisse bei der Herstellung, wenn es gelänge, einen naturähnlichen Herstellungsprozess für Keramiken nach dem Vorbild der Perlmutter-Synthese zu entwickeln.

Wie Muscheln und Schnecken das Perlmutter erzeugen, stellte Fritz im Folgenden sehr anschaulich dar. Grundsätzlich ist das Naturmaterial aus einer Sandwichstruktur aufgebaut, bei der sich rund 500 Nanometer dünne Calcium-

carbonat-Schichten mit nur rund 50 Nanometer dünnen Schichten aus organischem Material, das aus Chitin und Proteinen besteht, abwechselt. Fritz verglich diesen Aufbau mit dem von Panzerglas. Das bionische Prinzip dahinter fasste sie wie folgt zusammen: „Die Natur arbeitet viel mit Nanomaterialien, die aus weichen und harten Komponenten zusammengesetzt sind. Dabei sorgt die weiche Komponente dafür, dass die harte nicht bricht und die harte dafür, dass die weiche nicht nachgibt.“

Derzeit erforscht Fritz, wie es Muscheln und Schnecken schaffen, diese filigrane Schichtstruktur unter den milden Bedingungen im Meerwasser aufzubauen. Im Fokus stehen dabei die verschiedenen Proteine und deren Aufgabe beim Wachstum des Calciumcarbonat-Kristalls. Im Labor gelingt es den Bremer Forschern um Fritz bereits, Perlmutter-Schichten wachsen zu lassen. In Kooperation mit Prof. Cordt Zollfrank von der TU München soll nun ein industriell umsetzbares Verfahren für die Herstellung von synthetischem Perlmutter entwickelt werden.

Folgende Einsatzgebiete sieht Fritz für künstliches Perlmutter: Graffiti-Schutzbeschichtungen, weniger brüchiges Porzellan, mechanisch stabile und gleichzeitig flexible Membranen oder künstliche Gelenke aus modifiziertem Perlmutter.

Anschließend legte Frank Mirtsch von der Dr. Mirtsch GmbH in Stahnsdorf bei Berlin den Fokus wieder auf die Energie- und Materialeffizienz. Der Physiker und Ingenieur erklärte dem Publikum, wie die Natur mithilfe von intelligenter Formgebung dünnwandigen Materialien wie Tierpanzern oder Pflanzenschalen ihre hohe Stabilität verleiht. Dieses Prinzip hat Mirtsch für eine Material-Innovation genutzt: stabile 3-D-Strukturen, die auf der Basis einer Selbstorganisation entstehen.

In der Natur treibe das Wachstum von Pflanzen oder Tieren die Strukturgebung an, erläuterte Mirtsch. Es induziere Spannungen in der Außenhaut, die wiederum die selbstorganisierte Entstehung von dreidimensionalen Strukturen zur Folge hätten. Bei diesem natürlichen Prozess bauen sich statt rissfördernden Zugspannungen selbstständig schonendere Druckspannungen auf. Die Sechsecke auf einem Schildkrötenpanzer nannte Mirtsch als ein Beispiel.

Mit seinem Team entwickelte Mirtsch Herstellungsprozesse, mit denen sich naturähnliche 3-D-



*Wölbblech aus einem Faserverbund-Kunststoff der Dr. Mirtsch GmbH (Quelle: Bionik-Netzwerk Hessen)*

Strukturen auf energiesparende und materialschonende Weise in Blechen und langfaserverstärkten Kunststoffen ausbilden. Dabei entstehen etwa Sechsecke, sogenannte Wölbstrukturen. „Versuche haben gezeigt, dass konventionell geprägtes Blech weniger Steifigkeit besitzt“, sagte Mirtsch. Bei der Wölbstrukturierung handle es sich um eine sanfte Verformung, die nur etwa ein Zwölftel der Energie in das Material einbringe. Im Gegensatz zur konventionellen Verformung verletze man die Oberfläche bei seinem der Natur entlehnten Verfahren nicht, sagte Mirtsch. Gleichzeitig werde der Werkstoff extrem geschont und behalte so Reserven für sekundäre Umformungen, wie z.B. bei einem Crash.

Er stellte einige Anwendungsbeispiele vor: Wölbstrukturierte Platinen aus Aluminium für die Kofferraumrückwand eines offenen Zweisitzers, eine Katalysatoreinhausung, die über 30 Prozent Gewicht einspare oder das Dach des Sportpalastes in Odessa.

Zum Schluss stellte Netzwerkkoordinatorin Sigrid Belzer von Bionik-Sigma das von der Aktionslinie Hessen-Nanotech des Hessischen Wirtschaftsministeriums ins Leben gerufene Bionik-Netzwerk Hessen vor. „Das Ziel ist, Unternehmen untereinander und mit Forschungsinstitutionen zusammenzubringen“, sagte Belzer. Vor allem solle das Netzwerk bei Problemlösungen helfen. „Wir suchen Leute, die sagen: wir suchen..., wir brauchen..., uns fehlt...!“, sagte Belzer. Auf der Webseite [www.bionik-hessen.de](http://www.bionik-hessen.de) oder bei der Geschäftsstelle des Netzwerkes, die bei der Bionik-Sigma Innovation GmbH in Darmstadt angesiedelt ist, können Interessenten Kontakt knüpfen und sich über Möglichkeiten der Beteiligung informieren.

*Christian Meier*

# Energy Harvesting und Kleinenergiesysteme

## 1. Abendevent der Reihe „Material formt Produkt II“ zeigt Möglichkeiten zur Dezentralisierung der Stromerzeugung

Rückblick

Nach dem erfolgreichen Start der zweiten Ausgabe der Reihe „Material formt Produkt II“ mit der Konferenz „Materialien für neue Energien“ (13. September 2012 in Frankfurt) fand am 4. Dezember 2012 das 1. Abendevent mit dem Schwerpunkt „Energy Harvesting & Kleinenergiesysteme“ in Offenbach statt. Rund 70 Teilnehmer informierten sich über die Möglichkeiten zur Gewinnung von Energiekleinstmengen durch Wind, Abwärme oder Licht.

Unter dem Begriff „Energy Harvesting“ hat sich in kürzester Zeit ein eigener Wachstumsmarkt entwickelt, der die Arbeiten von Produktentwicklern und Designern nachhaltig verändern wird. Gemeint sind Systeme, die selbst bei kleinen Temperaturunterschieden, leichter Vibration, geringer Sonneneinstrahlung oder anderen elektromagnetischen Schwingungen Energie gewinnen können. Zu Beginn fasste Dr. Peter Spies vom Fraunhofer IIS die technologischen Möglichkeiten für neue Produktanwendungen zusammen. So wurde von den Wissenschaftlern jüngst ein Fenstersensor-System vorgestellt, das die benötigte Energie durch am Fensterrahmen angebrachte Solarzellen und Thermogeneratoren bezieht. Die Bewohner eines Hauses sind mit der neuen Technologie in der Lage zu erkennen, ob und welche Fenster offen stehen und sie per Fernsteuerung zu verschließen. In einem anderen Projekt mit Namen „Piezotex“ wird am Fraunhofer IIS an textilen Lösungen gearbeitet, die durch Integration von Piezowandlern Bewegungs- in elektrische Energie umwandeln können und Kleidungsstücke zu einem Kleinstkraftwerk machen.

Die Verwendung von Thermogeneratoren zur Umwandlung leichter Temperaturunterschiede in Strom ist bereits seit Jahren ein Thema. Wie Professor Friedemann Völklein von der Hochschule RheinMain darstellte, weisen die am Markt verfügbaren Systeme jedoch immer noch einen geringen Wirkungsgrad mit Werten unter 10 Prozent auf. In zahlreichen Forschungsgruppen wird daher versucht, die Effizienz zu steigern und den Wirkungsgrad zu optimieren. Insbesondere erhoffen sich die Forscher durch Einsatz der Nanotechnologie erhebliche Verbesserungen

zur Anwendung der Systeme in intelligenter Kleidung, in Body Sensor Applikationen oder für die Medizintechnik.



Versuch zur Integration der Prinzipien von farbstoffsensitiven Solarzellen in Betonwerkstoffe (Foto: Negar Jahadi Rafigh)

Den nächsten Entwicklungssprung in der Photovoltaik erwarten Wissenschaftler und Hersteller wie Belectric von organischen Solarzellen bzw. solchen auf Basis von Farbstoffen. In den letzten Jahren konnten einige wesentliche Verbesserungen in Sachen Haltbarkeit und Effizienz umgesetzt werden. Diese lassen die transparenten und farblich gestaltbaren Systeme jetzt interessant werden für die Verwendung in flexibler Architektur oder in Sport- und Outdoor-Systemen zur Versorgung mobiler Geräte mit Energie. Thorsten Klooster von der Universität Kassel stellte Ergebnisse des Forschungsprojekts DYSCRETE vor. Unter Verwendung leicht erhältlicher Inhaltsstoffe wie Zahnpasta und Fruchtsaft konnte am Lehrstuhl von Professorin Heike Klussmann die Integration von Farbstoff-solarzellen in Betonoberflächen demonstriert werden. Diese Kombination soll die Herstellung hochintegrierter Systeme als Betonfertigteile und die Errichtung von Gebäuden und PV-Systemen in einem Arbeitsgang ermöglichen, so die Vision der Forscher.

Den Abschluss des Events bildete der Designer Burkhardt Schempp mit der Vorstellung seines



Katamaran mit Flettner-Rotoren (Quelle: Burkhardt Schempp)

Segelkatamaran N7, den er für die ökologisch vertretbare Walbeobachtung entworfen hat. Ein großes Problem für die Tiere ist die hohe Geräuschentwicklung durch konventionelle Antriebe. Als Alternative verwendete Schempp daher zwei Flettner-Rotoren, die ähnlich einer Flugzeugtragfläche einen Unterdruck bei Anströmung durch Wind erzeugen, der das Boot voranzieht. Die Funktionsweise wurde bereits in den 1920er Jahren getestet, aber wegen des niedrigen Dieselpreises verworfen. Im Zuge der Umorientierung unserer Energiepolitik werden diese alten Modelle neu diskutiert.

## 10. Nanotechnologieforum Hessen

Von der Technologie zur Innovation

### Veranstaltungshinweis



Die Aktionslinie Hessen-Nanotech des Hessischen Wirtschaftsministeriums organisiert am 16. Mai 2013 in Hanau bereits in der 10. Auflage das Nanotechnologieforum Hessen.

Die Konferenz gibt Einblick in die neuesten Anwendungen und Materialien im Bereich der Nanotechnologie. So werden neue Strukturen und Materialien wie Carbon-Nanohorns, elektrochemisch hergestellte Nanodrähte und ultrahochfeste Baustoffe vorgestellt, die innovative und ressourcenschonende Anwendungen ermöglichen. Begleitet werden diese Themen von aktuellen Erkenntnissen aus dem Bereich der Sicherheitsforschung sowie von Ergebnissen der jüngst durchgeführten Standortstudie Hessen.

Darüber hinaus werden im Rahmen einer Podiumsdiskussion, das vom EU-Projekt NANOFORCE organisiert wird, Wege zur erfolgreichen

Kommerzialisierung der Nanotechnologie in Europa erörtert. Abschließend wird die Phantastische Bibliothek Wetzlar nanotechnische Ideen aus der Science-Fiction-Literatur präsentieren, aus denen Produkte für zukünftige Märkte entwickelt werden könnten. Die begleitende Ausstellung und Netzwerkgespräche runden den Fachkongress ab.

Die Aktionslinie Hessen-Nanotech des Hessischen Wirtschaftsministeriums lädt Sie herzlich zur gebührenfreien Teilnahme ein. Der Fachkongress findet im Industriepark Wolfgang in Kooperation mit Evonik, Umicore und dem Chemie-Cluster Bayern statt.

Anmeldungen und nähere Informationen sind möglich unter:

[www.hessen-nanotech.de/nanoforum](http://www.hessen-nanotech.de/nanoforum)

■ Benjamin Thiering  
Projektleiter | Project Manager  
Technologie & Zukunft | Technology & Future

Hessen Trade & Invest GmbH  
Konradinerallee 9  
65189 Wiesbaden, Germany  
Phone: +49 (0) 611 95017-8326  
Fax: +49 (0) 611 95017-5-8326  
E-Mail: [benjamin.thiering@htai.de](mailto:benjamin.thiering@htai.de)  
Web: [www.htai.de](http://www.htai.de) | [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)

# Industriell unentbehrliche Edelmetalle biologisch recyceln

Projekt der Uni Gießen mit rund einer halben Million Euro gefördert

Aus der Forschung

Manche für die Industrie unverzichtbare Edelmetalle sind teuer und rar, also ist deren Recycling - gerade für Deutschland - eine effektive Investition für die Zukunft. Das BMBF fördert deshalb ein Forschungsprojekt zum kostengünstigen und umweltschonenden Recycling von Palladium und anderer Edelmetalle mit Hilfe von Bakterien. Dabei arbeiten die jetzt geförderten Projektgruppen der Universität Gießen auch international mit anderen Universitäten, Instituten und Industrieunternehmen zusammen.

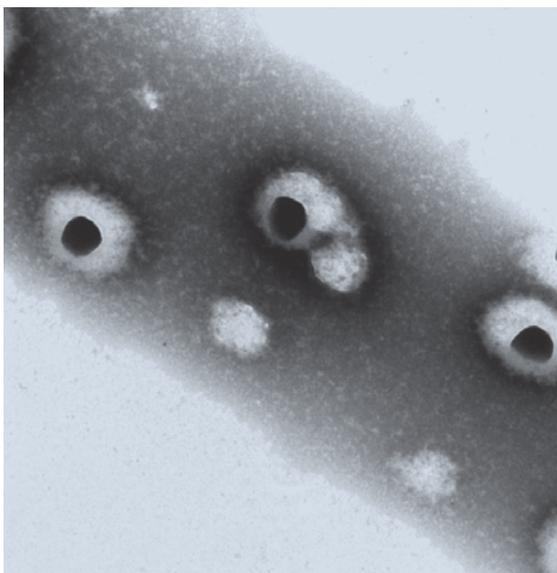
„Ressourcenmanagement spielt schon heute eine gigantische Rolle in der internationalen Politik“, erklärte Dr. Helge Braun, Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung, bei der Übergabe der Bewilligung einer Fördersumme von rund 520.000 Euro an die Justus-Liebig-Universität in Gießen. „So wird Palladium derzeit für Fahrzeug-Katalysatoren und zunehmend auch für Brennstoffzellen benötigt, aber es sind weltweit momentan nicht genug Ressourcen bekannt, um alle gegenwärtig existierenden Fahrzeuge mit beidem auszustatten. Deshalb treiben wir in Deutschland die Erforschung neuer Wege zu Recycling und noch effektiverer Nutzung knap-



Übergabe des Bewilligungsbescheids für das Verbundforschungsprojekt NanoPOP durch den Parlamentarischen Staatssekretär Dr. Helge Braun (li.) an den Vizepräsidenten der Justus-Liebig-Universität JLU, Prof. Dr. Peter Winker. (Quelle: JLU Pressestelle/ Sara Strüßmann)

per Rohstoffe voran.“ Das geförderte Projekt sucht nach biologischen Konzepten für nachhaltiges, ökologisches und ökonomisches Recycling seltener Edelmetalle wie Palladium aus metallhaltigen Abfällen und Abwässern mit Hilfe von hierfür geeigneten Bakterien.

Schwermetallresistente Bakterien sollen Palladium anreichern, reduzieren und dadurch Nanokatalysatoren synthetisieren, um u.a. hochtoxische Umweltgifte abzubauen, die unter dem Kürzel POP (Persistent Organic Pollutants) zusammengefasst sind. „Diese Substanzen, darunter DDT und Dioxine, sind deshalb so problematisch, weil sie in der Umwelt so gut wie nicht abgebaut werden“, erläuterte PD Dr. Rolf-Alexander Düring, einer der geförderten Partner der Uni Gießen. Dr. Michael Bunge, Projektleiter am Institut für Angewandte Mikrobiologie und verantwortlich für die biologische Synthese der Metall-Nanopartikel, ergänzte: „Dieses Projekt wird einerseits der Sicherheit der Versorgung der Industrie mit Edelmetallen kreative Impulse geben und andererseits auch innovative Möglichkeiten für umweltverträgliches Recycling durch biologisch-katalytische Prozesse anregen können.“ Die Förderung aller an diesem Projekt beteiligten Partner ist mit insgesamt rund 1 Million Euro über drei Jahre geplant.



In Vesikeln verkapselte Palladium-Katalysatoren. (Quelle: Gerd Hause & Michael Bunge)

# CNT - vielseitig begabter Kohlenstoff

Materialien im Fokus



Kohlenstoff, die Basis unseres Lebens, kommt in vielen verschiedenen Formen vor. Obwohl es sich in vielen Fällen um elementaren Kohlenstoff handelt, können die Eigenschaften deren Modifikationen sehr unterschiedlich sein. Vor etwa 30 Jahren setzte die Entdeckung der fußballförmigen Fullerene eine neue Entwicklung in Gang, die zu nachhaltigen Einflüssen auf viele Bereiche in der Technik und im täglichen Leben führen wird. Denn nachdem man das „Bauprinzip“ verstanden hatte, entwickelten es die Forscher logisch weiter. Das Ergebnis waren „verlängerte“ Fullerene, nämlich Kohlenstoff-Nanoröhrchen (engl.: carbon nanotubes, CNT): Diese bilden neben Graphit, Diamant, Fullerenen und

Graphen eine weitere Modifikation des Elements Kohlenstoff. Die Kohlenstoffnanoröhrchen werden sowohl als einwandige (engl. single walled oder SW) CNTs mit einem Durchmesser von weniger als 5 nm oder als mehrwandige (engl. multi-walled oder MW) CNTs mit Durchmessern bis zu über 100 nm hergestellt.

Sie sind mittlerweile eines der wohl am meisten zitierten Nanomaterialien. Interessant macht die CNTs vor allem ihr einzigartiges Eigenschafts- und Anwendungsspektrum: die Röhrchen sind sehr zugstabil. Die Zugfestigkeit einer mehrwandigen Kohlenstoff-Nanoröhre wurde zu 63 GPa bestimmt, das entspricht etwa dem 50-fachen von Stahl, und dies bei deutlich geringerem Gewicht der CNTs. Sie können zudem isolierend, halbleitend oder metallisch leitend sein. Je nachdem wie sie hergestellt werden, können ihre Eigenschaften direkt eingestellt werden. So können sie für ein breit gefächertes Spektrum an Anwendungen von Nutzen sein, und in vielen Industriezweigen hofft man auf innovative Hightech-Anwendungen mit CNTs. Beispiele hierfür sind Transistoren aus Nanoröhren, Nanoröhrenspeicher, Nanoröhren zur Verbesserung von Kunststoffen oder auch für die Messtechnik. Doch das sind bei weitem nicht alle Anwendungsbereiche. In nahezu allen Schlüsselbranchen unserer heutigen Technologiegesellschaft finden sich Einsatzmöglichkeiten oder gar bereits am Markt befindliche Produkte, so z.B. als Zusatz zu verschiedenen Kunststoffen im Bereich der Elektronik, im Automobilbau, im Leichtbau oder zur Herstellung von Sportgeräten. In Zukunft sollen CNTs dabei mithelfen, die Energiewende in Deutschland erfolgreich zu bewältigen, beispielsweise durch verbesserte Batterien, stabilere Rotorblätter von Windrädern oder durch die Anwendung in Solar- und Brennstoffzellen; aber auch in der Bauchemie, z. B. für Hochleistungsbeton, sollen sie Marktreife erlangen.

Die Vielfalt der möglichen Anwendungen birgt ein erhebliches wirtschaftliches Potential. Deshalb forscht in Deutschland derzeit u.a. ein Wissenschaftsbündnis aus über 90 namhaften Partnern aus Forschung und Industrie in der Innovationsallianz Carbon Nanotubes (Inno.CNT) an der Weiterentwicklung von CNTs und Folgeprodukten. Dieses mit 90 Millionen Euro ausgestattete Bündnis wird zur Hälfte von der Bundesregierung finanziert und besteht seit dem Jahre 2008.

CNTs werden jedoch nicht nur auf ihre potentiellen wirtschaftlichen Chancen hin untersucht. Auch mögliche Risiken auf Mensch und Umwelt werden seit Jahren intensiv erforscht. Es zeigte sich, dass lange (10–20  $\mu\text{m}$ ) und nadelförmige, nicht flexible CNTs ähnlich wie Asbestfasern Lungenschädigungen hervorrufen könnten. Kurze, nicht nadelförmige CNTs erzeugen keine Schäden, sondern können auch im Falle des Einatmens auf gleichem Wege aus der Lunge transportiert werden wie andere Kohlenstoffpartikel.

Das Umweltverhalten hängt ebenso stark davon ab, in welcher Form die CNTs vorliegen und welche Eigenschaften sie haben. Da sie z.B. wasserlöslich oder -unlöslich sein können, ist auch ihr Verhalten in der Umwelt entsprechend unterschiedlich. Darum ist es schwer, für die große Vielfalt an CNTs allgemeingültige Aussagen über das Umweltverhalten zu treffen.

Ein gutes Beispiel dafür, wie alleine die Form der CNTs entscheidenden Einfluss auf das Umweltverhalten hat, liefern zwei Studien zur Beweglichkeit von Kohlenstoff-Nanoröhrchen in Böden. Die Studie sollte klären, ob Kohlenstoff-Nanoröhrchen z.B. ins Grundwasser gelangen können. Einwandige Röhrchen (SWCNT) mit einer Oberflächenveränderung, die für gute Wasserlöslichkeit sorgte, wurden in sandigen Böden kaum transportiert und lagerten sich ab, während mehrwandige Röhrchen (MWCNT), die ebenfalls gut wasserlöslich waren, sich als sehr mobil erwiesen.

Zudem gibt es erste Hinweise darauf, dass Kohlenstoff-Nanoröhrchen durch bestimmte Pflanzenenzyme abgebaut werden können.



Die Umwelttoxizität von CNTs lässt sich aufgrund der vielfältigen Formen und Eigenschaften derzeit ebenfalls schwer beurteilen. Von sehr geringen Dosen, wie sie derzeit in der Umwelt zu erwarten sind, geht jedoch keine Gefahr für Umweltorganismen aus. Viele weitere Faktoren, wie die Rolle von Katalysatorrückständen und Verunreinigungen innerhalb der CNTs, sowie die mechanischen Eigenschaften durch die Faserform, die zum Beispiel zu Irritationen von Haut oder Kiemen führen können, müssen hierbei berücksichtigt werden. Hierzu finden derzeit national und international umfangreiche Forschungsarbeiten statt.

*Björn Matthes, DECHEMA*

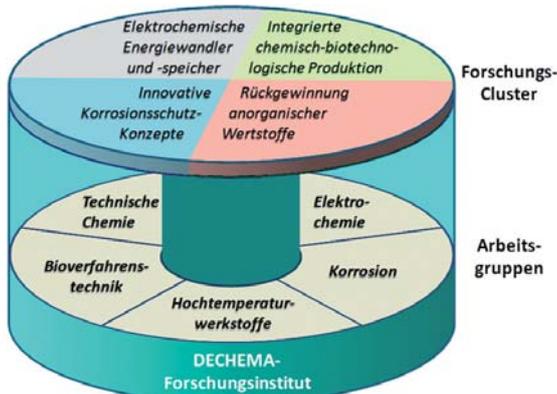


Quelle: Bayer MaterialScience

# Stiftung DECHEMA-Forschungsinstitut - Forschung für nachhaltige Technologien

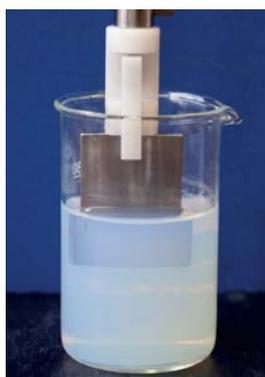
## Forschungseinrichtungen

Die Industriegesellschaft der Zukunft beruht auf der Verfügbarkeit von Ressourcen und der breiten Akzeptanz der eingesetzten Technologien in der Bevölkerung. Natürliche Lagerstätten sind jedoch begrenzt, und die heute eingesetzte Technik stößt in vielen Fällen an ökologische und politische Grenzen. Daher besteht ein dringender Bedarf für die Entwicklung von Alternativen, der unter dem Begriff *Forschung für nachhaltige Technologien* zusammengefasst werden kann. Ein wesentliches Potential liegt hierbei auf den traditionellen Gebieten der DECHEMA, d.h. den chemischen Technologien, der Werkstofftechnik und der Biotechnologie.

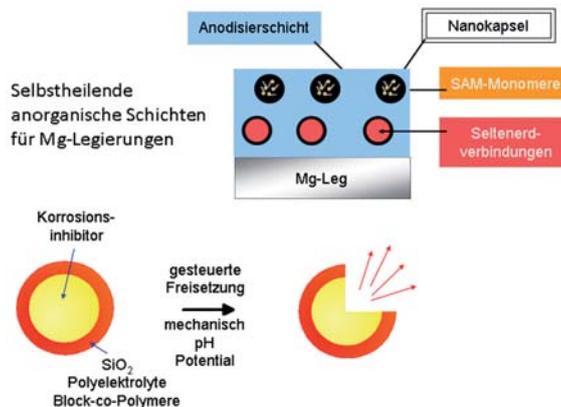


Kernkompetenzen und  
aktuelle Forschungscluster  
am DECHEMA Forschungs-  
institut

Vor diesem Hintergrund haben eine Reihe von industriellen und privaten Stiftern, die sich diesem gesellschaftspolitischen Auftrag verpflichtet sehen, gemeinsam mit der DECHEMA e.V. eine gemeinnützige Stiftung bürgerlichen Rechts ins Leben gerufen. Diese Stiftung trägt den Namen *DECHEMA-Forschungsinstitut* (DFI) und führt die Expertise des bisherigen Karl-Winnacker-Instituts der DECHEMA fort. Die Kernkompetenzen dieses Instituts in den Schlüsseldisziplinen *Werkstoffe und Korrosion*, *Chemische Technik*, *Elektrochemie* sowie *Biotechnologie* wurden übernommen und



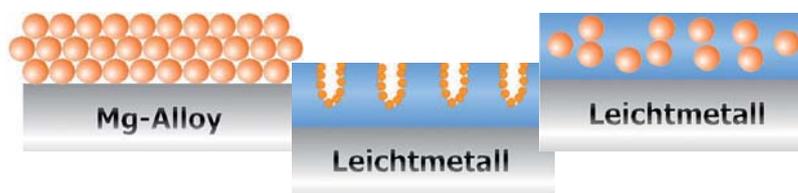
Erzeugung und Modifizierung  
von Korrosionsschutz-  
schichten durch Nanopar-  
tikel



Konzept zur Erzeugung selbstheilender Schutzschichten

um ein Konzept der Forschungscluster erweitert, in dem die zentralen Problemstellungen der zukünftigen Industriegesellschaft in Forschungsschwerpunkten umgesetzt werden. Hierbei bringt das Institut seine über fünf Jahrzehnte erarbeitete und international anerkannte Kompetenz in der gesamten Breite von der Grundlagenforschung bis zur anwendungsnahen Entwicklung ein, um *ressourcenschonende und ökologisch kompatible technologische Lösungen für den industriellen Einsatz* gemeinsam mit Forschungspartnern aus Industrie und Hochschule zu erarbeiten.

Methoden der Chemischen Nanotechnologie werden dabei im DFI bereits seit einigen Jahren insbesondere für neuartige Korrosionsschutzschichten eingesetzt. *Innovative Korrosionsschutzkonzepte* werden nicht nur den gestiegenen Anforderungen des Umwelt- und Gesundheitsschutzes gerecht, sie ermöglichen überhaupt erst viele neue Technologien z.B. bei der Energieerzeugung und -speicherung. Daher wurde auch dieses Feld in einem der neuen Forschungscluster am DFI gebündelt. Im Fokus des Clusters stehen unter anderem Nanopartikel-basierte Schutzschichten zum Korrosions- und Oxidationsschutz von Metallen, mit Nanopartikeln modifizierte Anodierschichten, dünne Filme von Biopolymeren sowie selbstheilende Schutzschichten mit Inhibitor-beladenen Nanokapseln.



# Europaweite Unternehmens-Kooperationen

Kooperationsvermittlung des Enterprise Europe Network Hessen

Technologietransfer



Wir stehen Unternehmen zur Seite

Hessische Unternehmen können von den Kooperationsdatenbanken des Enterprise Europe Network (EEN) profitieren, indem sie ihre Interessengebiete oder sogar konkrete Kooperationswünsche ihren EEN-Ansprechpartnern mitteilen. Das EEN ist ein Netzwerk der Europäischen Kommission zur Unterstützung von kleinen und mittleren Unternehmen. Es umfasst rund 600 Organisationen in 54 Ländern. Die Kooperationsmöglichkeiten umfassen Geschäftskooperationen ebenso wie Angebote und Gesuche in allen Technologiebereichen.

Bei Interesse an diesen Vorschlägen oder weiteren Fragen nehmen Sie gern Kontakt auf mit:

- Olaf Jüptner  
Material-, Nano-/Mikrotechnologien  
Enterprise Europe Network Hessen  
Hessen Trade & Invest GmbH  
Tel.: 0611-95017-8469  
E-Mail: olaf.jueptner@htai.de  
www.een-hessen.de

*Das Team der Europaberatung bei der Hessen Trade & Invest - Ihr Ansprechpartner bei allen Fragen rund um die EU - Kooperationen, Förderprogramme, Ansprechpartner (Quelle: EEN Hessen)*

## Technologiesuche



EEN\_12\_ES\_282Q\_3R17

### Materials and manufacturing techniques to improve Hydrogen Generators

Spanish company established in Madrid is dealing with hydrogen generators based on PEM (Polymer electrolyte membrane) to be applied to hydrogen supply and storage. They are looking for companies offering materials and manufacturing techniques that may improve their products performance and help lowering the manufacturing costs.



EEN\_12\_GB\_4303\_3QPN

### Innovative and unique twin screw extruder with touch screen control for biopolymer applications

An UK Based SME who designs and manufactures a range of polymer processing equipment has developed the world's smallest commercial twin screw extruder (10 mm diameter) with touch screen PC based control. It is the ideal, small footprint, compounder for novel pharmaceutical and biopolymer applications.

The SME is seeking technical cooperation to test and develop this extruder for other applications in the biopolymer field in Europe.



EEN\_12\_LT\_57AB\_3R4K

### Glass fiber reinforcements postmaking process cuttings

Lithuanian SME, manufacturer of glass fiber reinforcements, is looking for the solution of utilization or further appliance of the postmaking process's cuttings. It has glass fiber reinforcement's strips of different width (20 - 100 mm) and length (1 - 10 m). The SME is interested in license agreement, technical cooperation and/or commercial agreement.



EEN\_12\_ES\_28G2\_3R6U

### Surfaces with tuneable wetting properties provided by a molecular switch

A Spanish public research organisation has developed and patented a new hydrophobic-hydrophilic molecular switch with a surface-confined electroactive compound exhibiting tuneable wetting properties. The devices offer great potential for applications in the field of self-cleaning surfaces and microfluidics. A patent license agreement and collaboration for further developments and commercialization are sought.



**30.04.2013** Frankfurt

## **Wege zum Bionik-Netzwerk**

In Kooperation mit Hessen-Nanotech lädt das Bionik-Netzwerk Hessen zum Strategietag ein.

■ [www.bionik-hessen.de](http://www.bionik-hessen.de)

**15.05.2013** Frankfurt

## **Veranstaltungsreihe „Bionik im Betrieb“**

### **- Faszination Bionik - Innovative Projekte für die Ausbildung**

Workshop des Bionik-Netzwerks Hessen

■ [www.bionik-hessen.de](http://www.bionik-hessen.de)

**16.05.2013** Hanau

## **10. Nanotechnologieforum Hessen**

### **- Von der Technologie zur Innovation**

Konferenz der Aktionslinie Hessen-Nanotech mit Begleitausstellung.

■ [www.hessen-nanotech.de/nanoforum](http://www.hessen-nanotech.de/nanoforum)

**05.06.2013** Bad Nauheim

## **Veranstaltungsreihe „Nanomedizin“**

Auftaktveranstaltung der Aktionslinie Hessen-Nanotech und der Landesärztekammer Hessen zum Thema Nanotechnologie in der Medizin.

■ [www.hessen-nanotech.de/nanomedizin](http://www.hessen-nanotech.de/nanomedizin)

**18.-20.06.2013** Dublin (IE)

## **EuroNanoForum 2013**

Das EU-Projekt NANORA stellt sich auf Europas größter Nano- und Materialkonferenz vor.

■ [www.euronanoforum2013.eu](http://www.euronanoforum2013.eu)

**25.06.2013** Darmstadt

## **Veranstaltungsreihe „Material formt Produkt II“ - Energie- und Materialeffizienz mit intelligenten Oberflächen und Werkstoffen**

Workshop der Aktionslinie Nanotech-Hessen

■ [www.hessen-nanotech.de/material-formt-produkt](http://www.hessen-nanotech.de/material-formt-produkt)

Weitere Veranstaltungsinformationen finden Sie unter [www.hessen-nanotech.de/Veranstaltungen](http://www.hessen-nanotech.de/Veranstaltungen).

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.: +49 611 815-24 71, Fax: -49 24 71  
E-Mail: [sebastian.hummel@hmwvl.hessen.de](mailto:sebastian.hummel@hmwvl.hessen.de)  
Internet: [www.wirtschaft.hessen.de](http://www.wirtschaft.hessen.de)

Projekträger ist die

### **Hessen Trade & Invest GmbH**

Benjamin Thiering (Projektleiter), Nicole Radtke  
Konradinerallee 9  
D-65189 Wiesbaden  
Tel.: +49 611 950 17-83 26 oder -86 34, Fax: -86 20  
E-Mail: [benjamin.thiering@htai.de](mailto:benjamin.thiering@htai.de)  
[nicole.radtke@htai.de](mailto:nicole.radtke@htai.de)  
Internet: [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)  
[www.htai.de](http://www.htai.de)

### **Impressum**

#### **Herausgeber**

Aktionslinie Hessen-Nanotech  
Hessen Trade & Invest GmbH  
Konradinerallee 9  
D-65189 Wiesbaden

#### **Redaktion**

Nicole Radtke, Markus Lämmer, Hessen Trade & Invest GmbH

#### **Beiträge**

S. 13 Dr. Sascha Peters, Haute Innovation /  
S. 15 Dr. Jürgen Sartorius, Freier Journalist

#### **Bildmaterial**

Titelbild: Katalysatoren (Quelle: Heraeus) /  
S.4 Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST /  
S.5 Bildagentur fotolia /  
S. 7 Wikipedia (Paul Ehrlich) /  
S.12 Bionik-Netzwerk Hessen /  
S.14 Hessen-Nanotech (Foto: Stefan Wildhirt) /  
S.16 Bayer MaterialScience /  
S.17 Bildagentur fotolia /  
S.18 Dechema

#### **Gestaltung**

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

#### **Druck**

Werbedruck GmbH Horst Schreckhase,  
Dörnbach 22, 34286 Spangenberg

#### **Erscheinungsweise**

4-mal pro Jahr (kostenlos)

#### **Auflage**

5.500 Stück

#### **Newsletter-Abonnement**

[www.hessen-nanotech.de/Newsletter](http://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