

---

**FORSCHUNG UND WIRTSCHAFT** Flexible organische Solarzellen

---

**INTERVIEW** Ministerialrätin Liane Horst, BMBF, im Gespräch

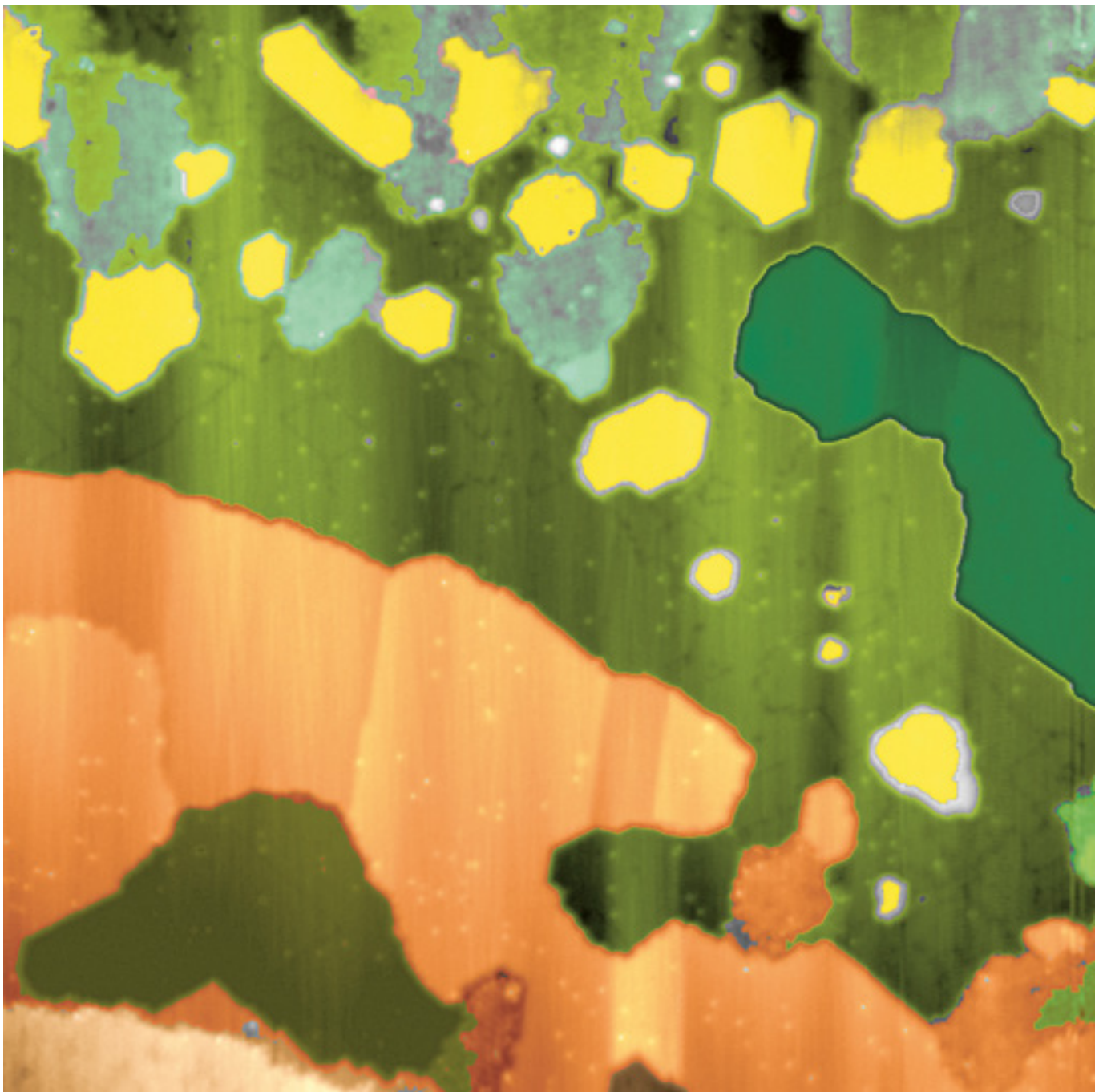
---

**LOCATIONS** NETZ-Eröffnung an der UDE

---

**TERMINE** Veranstaltungen rund um die Nanotechnologie

---





# DAS NANOENERGIETECHNIKZENTRUM

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

alle sind sich einig, dass die vielzitierte Energiewende kommen muss, aber über den Weg dorthin herrscht alles andere als Einigkeit. Sicher ist jedoch, dass mit dem Umstieg auf erneuerbare Energien ein Technologiewandel einhergeht, der neue Materialien zwingend erforderlich macht.

Erlauben Sie mir in diesem Zusammenhang ausnahmsweise eine Bekanntmachung in eigener Sache: Die steingewordene Zentrale des gleichnamigen Projekts, das NanoEnergieTechnikZentrum NETZ am Duisburger Campus der Universität Duisburg-Essen, ist eröffnet. Zur feierlichen Einweihung am 21. Februar zeigten sich die anwesenden Vertreter aus Politik, Wissenschaft und Industrie beeindruckt vom durchdachten Aufbau des Forschungszentrums. 120 Wissenschaftler aus der Chemie, der Physik und den Ingenieurwissenschaften sowie aus kooperierenden

Einrichtungen entwickeln und analysieren hier maßgeschneiderte Nanomaterialien für energietechnische Anwendungen (Seiten 10 und 11). „Energietheemen werden auch zukünftig eine wichtige Rolle bei der Nanotechnologieförderung spielen“, berichtet Ministerialrätin Liane Horst aus dem Referat 511 „Neue Werkstoffe, Nanotechnologie“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Interview ab Seite 6. Dabei weist sie noch einmal darauf hin, dass die Nanoforschung ihre Ergebnisse verständlich vermitteln muss, um akzeptiert und erfolgreich zu sein. Wir hoffen, dass wir mit diesem Newsletter ein wenig dazu beitragen können.

In diesem Sinne viel Freude bei der Lektüre der neuen Ausgabe wünscht Ihnen

Prof. Dr. Christof Schulz,  
Wissenschaftlicher Direktor NanoEnergieTechnikZentrum

## Impressum

**HERAUSGEBER**  
CENIDE

**AUSGABE**  
09 (2013)

**ERSCHEINUNGSWEISE**  
NanoEnergie erscheint 4-mal  
im Jahr

**PROJEKTLEITUNG**  
Dr. Marion Franke

**REDAKTION**  
Birte Vierjahn, CENIDE |  
Michael Houben, Marcellini Media  
GmbH

**KONZEPT UND UMSETZUNG**  
Marcellini Media GmbH

**PAPIER**  
Gedruckt auf EnviroTop  
(aus 100 % Altpapier, klimaneutral  
produziert) mit Druckfarben  
aus nachwachsenden Rohstoffen

**DRUCK**  
Gutenberg-Druckerei GmbH,  
Bottrop

**KONTAKT**  
Birte Vierjahn  
Postanschrift: Forsthausweg 2;  
Besucheranschrift: Carl-Benz-Str.199  
47057 Duisburg  
Tel.: +49 203 379-8176  
E-Mail: cenide@uni-due.de  
www.cenide.de



Rastertunnelmikroskop-Aufnahme einer mit Bismut und PTCDA bedampften Silber(111)-Oberfläche  
© CENIDE, AG Möller, Maren Cottin

---

## Editorial

### **2 DAS NANOENERGIETECHNIKZENTRUM**

Vorwort von Prof. Dr. Christof Schulz

---

## Kurznachrichten

### **4 AKTUELLES AUS DER FORSCHUNG IN KÜRZE**

---

## Interview

### **6 POTENZIALE DER NANOTECHNOLOGIE**

Liane Horst, Leiterin des Referats „Neue Werkstoffe/Nanotechnologie“ des BMBF, im Gespräch

---

## Forschung & Wirtschaft

### **5 NANOSTRUKTURIERTE THERMOELEKTRIK**

Prof. Dr. Eckhard Müller | Reinhard Sottong  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Köln

### **8 NANOMATERIALIEN – NEUES VOM RISIKO**

Dr. Jürgen Schnekenburger | Biomedizinisches Technologiezentrum  
Westfälische Wilhelms-Universität Münster

### **10 WO PARTIKEL ZU MATERIALIEN WERDEN**

NRW-Wissenschaftsministerin Schulze bei Einweihung  
des NanoEnergieTechnikZentrums

### **12 THERMOELEKTRISCHE GENERATOREN**

Dr. Holger Ulland | O-Flexx Technologies GmbH | Duisburg

### **14 FLEXIBLE ORGANISCHE SOLARZELLEN**

Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Ostendorf | Susana Abreu Fernandes | Assaim Essaidi  
Lehrstuhl für Laseranwendungstechnik | Ruhr-Universität Bochum

### **16 DESIGN EN MINIATURE**

Dr. Isabel Kinski | Fraunhofer Institut für  
Keramische Technologien und Systeme | Dresden

### **17 STROM ZUM MITNEHMEN**

Dr. Sascha Kühn | eZelleron GmbH | Dresden

### **18 ENERGIEANWENDUNGEN BEI INNO.CNT**

Dr. Péter Krüger | Bayer MaterialScience AG | Innovationsallianz Inno.CNT | Leverkusen

---

## Termine

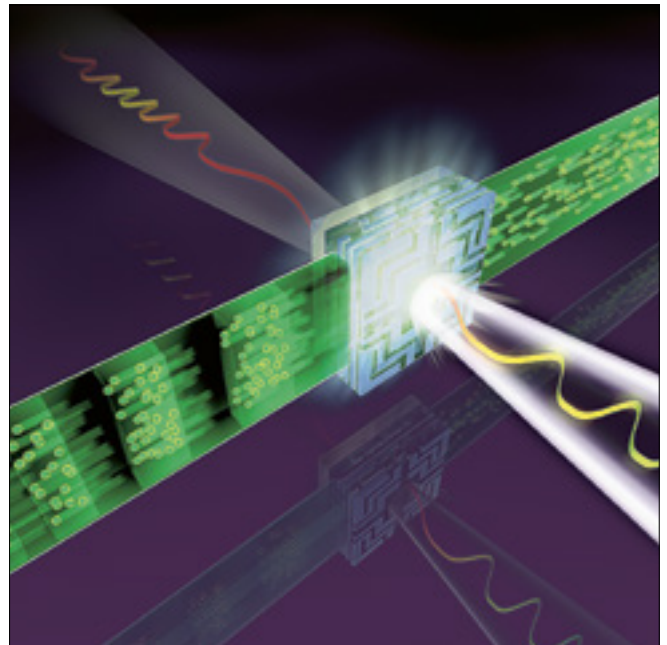
### **19 VERANSTALTUNGEN RUND UM DIE NANOTECHNOLOGIE**

# LASERPULSE STEUERN SIGNALE

## 10.000-mal schneller als elektronische Transistoren

Die heute schnellsten Halbleitertransistoren aus Silizium sind in der Lage, bis zu 100 Milliarden Schaltvorgänge pro Sekunde auszuführen. Wie Münchener Wissenschaftler nun in zwei Grundlagenexperimenten zeigten, lassen sich mithilfe extrem kurzer Laserpulse Ströme in nichtleitenden Materialien induzieren. Solche extrem kurzen Laserpulse moderater Energie machen nichtleitende Materialien für Schaltvorgänge nutzbar. Statt bis zu 100 Milliarden Schaltvorgängen pro Sekunde wären damit etwa 10.000-mal schnellere Schaltfrequenzen realisierbar: eine Anzahl im Petahertz-Bereich. Während Hochleistungslaser selbst dicke Stahlplatten wie Butter schneiden, verschieben extrem kurze Laserpulse moderater Energie in nichtleitenden Materialien nur die Elektronen. Das Material selbst hingegen zerstören sie nicht. Verantwortlich für diese Forschung im Nanobereich zeichnen Wissenschaftler um Professor Ferenc Krausz, Direktor am Max-Planck-Institut für Quantenphysik und Reinhard Kienberger, Physikprofessor an der Technischen Universität München (TUM).

Quelle: [www.tum.de](http://www.tum.de)



Fotos: © Dr. Christian Hackenberger, LMU München © Fraunhofer UMSICHT (1)  
© Fotolia (1) © Ralf-Uwe Limbach, Forschungszentrum Jülich



## UMSICHT WISSENSCHAFTSPREIS

Der vom Verein zur Förderung der Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik e. V. (UMSICHT-Förderverein) ausgeschriebene Wissenschaftspreis fördert den Dialog von Wissenschaft und Gesellschaft. Prämiert werden Beiträge in den Kategorien Wissenschaft und Journalismus. Der Preis will Wissenschaftler animieren, der Gesellschaft verständlich zu begegnen und ihr Gedankengut nicht nur Wissenschaftskollegen, sondern auch dem Verbraucher zugänglich zu machen. Bewerbungen einschließlich sämtlicher Unterlagen können bis 31. März 2013 eingereicht werden.

Quelle: [www.umsicht-foerderverein.de](http://www.umsicht-foerderverein.de)



## STUDIE VERKÜNDET ENDE DER NANO-EUPHORIE

In den deutschen Printmedien ist die Euphorie über die Nanotechnologie vorbei. Journalisten berichten nur noch verhalten optimistisch über die Forschung, so das Ergebnis einer Langzeitstudie der Universität Mannheim und der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. Die Forscher berücksichtigten über 2.000 Artikel aus zwölf Jahren und fanden heraus, dass die Berichterstattung inzwischen neutraler und weitgehend unpolitisch geworden ist. Ein gewiss positiver Aspekt: Fälle von Schadensschilderungen wie bei Atomkraft oder Gentechnik kamen nicht vor.

Quelle: [www.uni-muenster.de](http://www.uni-muenster.de)



## GRENZÜBERSCHREITENDE DÜNNSCHICHT-PV

Das Forschungszentrum Jülich wird als neuer Partner von Solliance in der Dünnschicht-Photovoltaik künftig eng mit Akteuren aus dem Hightech-Dreieck Eindhoven-Leuven-Aachen zusammenarbeiten. Solliance ist ein grenzüberschreitender Verbund, zu dem die Forschungsinstitutionen ECN, imec, Holst Centre, TNO sowie die TU Eindhoven gehören. Im Fokus von Solliance stehen Dünnschicht-Silizium-Solarzellen, alternative Materialien für Solarzellen aus Kupfer-Indium-Gallium-Selenid sowie die organische Photovoltaik.

Quellen: [www.fz-juelich.de](http://www.fz-juelich.de) sowie [www.solliance.eu](http://www.solliance.eu)

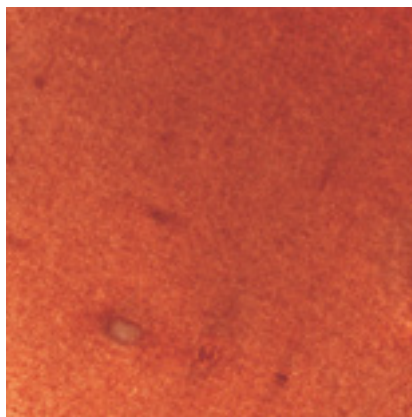
THERMO-  
ELEKTRIK

# NANOSTRUKTURIERTE THERMOELEKTRIK

## Hocheffiziente Halbleiter-Materialien nutzen Abwärme

In industriellen Prozessen und im Straßenverkehr gehen große Anteile der aufgewendeten Energie als Abwärme ungenutzt verloren. Die Gewinnung elektrischer Leistung aus diesen Wärmeströmen ist durch thermoelektrische Generatoren (TEG) möglich und trägt zu effizienteren Prozessen bei. Forscher beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) untersuchen Wege, leistungsfähige Materialien für einen Serieneinsatz solcher TEG herzustellen und haben durch nanoskalige Effekte und spezielle Gitterstrukturen bereits sehr leistungsfähige Materialien darstellen können.

Für die elektrische Leistung, die thermoelektrische Materialien aus Wärmeströmen generieren können, sind drei Funktionseigenschaften maßgeblich. Zunächst sind dies die elektrische Leitfähigkeit sowie der Seebeck-Koeffizient des Materials, der ein Maß für die aufgrund einer Temperaturdifferenz entstehende elektrische Spannung innerhalb des Halbleiters ist. Beide werden durch dessen elektronische Eigenschaften bestimmt. Als dritte Größe steht die thermische Leitfähigkeit im Fokus, deren Verringerung eine Vergrößerung des Wirkungsgrades möglich



*Selbstorganisierende Nanodots in LAST-18*

macht. Um eine geringe Wärmeleitung zu erreichen, untersuchte das DLR sowohl Materialien, in denen so genannte „Füller“-Atome die Ausbreitung der Wärme behindern, als auch die Voraussetzungen für die Bildung von Nanostrukturen, die die thermische Leitfähigkeit von thermoelektrischen Materialien herabsetzen.

Im Rahmen des DFG-Schwerpunkts „Nanostrukturierte-Thermoelektrika“ (SPP 1386) konnten die DLR-Forscher Kobaltantimonid mit Indium und Cer so synthetisieren, dass sie eine deutlich ver-

minderte thermische Leitfähigkeit und eine höhere Leistung des Materials erzielten. Zudem wiesen sie in Zusammenarbeit mit dem FZ Jülich die Funktion von Indium als „Füller“-Atom durch Neutronenbeugung nach.

Im BMBF-Projekt „NanoKoCh“ (Selbstorganisierende Nanostrukturen in komplexen Chalkogeniden) untersuchten die DLR-Wissenschaftler gemeinsam mit Partnern aus dem Forschungszentrum Jülich, dem Leibniz-IOM, Leipzig, und dem Fraunhofer-IWM, Freiburg, Bedingungen, die die Bildung phononenstreuender Nanostrukturen in AgPbSbTe-Verbindungen (LAST) begünstigen. Auch hier konnten geringe Wärmeleitfähigkeiten und hohe Gütezahlen erreicht werden.

Durch die Entwicklung leistungsfähiger Materialien haben die Forscher des DLR die effiziente Nutzung von Verlustwärme durch TEG der Anwendung einen Schritt nähergebracht.

**Prof. Dr. Eckhard Müller, Reinhard Sottong, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Köln**



# POTENZIALE DER NANOTECHNOLOGIE

**Liane Horst, Leiterin des Referats „Neue Werkstoffe, Nanotechnologie“ des BMBF, im Gespräch**

**CENIDE:** Deutschland nimmt hinsichtlich nanotechnologischer Forschung und industrieller Wertschöpfung eine Spitzenposition ein. Welche Produkte aus Deutschland haben den Markt bereits erobert?

Beispiele für erfolgreiche Produkte im Energiebereich sind nanostrukturierte Antireflexbeschichtungen für eine höhere Energieausbeute bei Solarzellen, elektrotechnische Komponenten auf Basis

nanokristalliner Magnetlegierungen für effiziente Stromübertragungsnetze oder leistungsstarke Lithium-Ionen-Batterien durch nanostrukturierte Elektroden- und Separatormaterialien. Wichtig ist natürlich auch eine effiziente Energienutzung, beispielsweise durch organische Leuchtdioden, die Märkte im Display- und Beleuchtungsbereich erobern. Deutschland spielt damit sowohl in der Material-

entwicklung als auch der Produktionstechnik international eine führende Rolle.

**CENIDE:** Inwieweit trägt Nanotechnologie auch zum gesellschaftlichen Fortschritt bei?

Die Nanotechnologie hat das Potenzial, technologische Lösungen in vielen Bereichen effizienter, ressourcenschonender und intelligenter zu gestalten. Dadurch bieten sich Lösungsansätze für globale

Herausforderungen in den gesellschaftlichen Bedarfsfeldern Energie, Klimaschutz, Gesundheit, Ernährung, Mobilität, Sicherheit und Kommunikation. So kann die Nanotechnologie wesentliche Beiträge liefern, um den Wohlstand und die Lebensqualität in Deutschland langfristig zu sichern und auszubauen

**CENIDE:** Die Nanotechnologie wird stark gefördert. Welche Empfänger haben welchen Anteil an der Förderung – welche Rolle spielt z. B. das Thema „Energie“?

Die Förderung des Bundes für Forschung und Entwicklung im Bereich der Nanotechnologie belief sich 2011 auf circa 446

## »ENERGIETHEMEN SPIELEN AUCH ZUKÜNFTIG EINE WICHTIGE ROLLE BEI DER NANOTECHNOLOGIE-FÖRDERUNG«

Mio. Euro. Davon betrug die BMBF-Förderung etwa die Hälfte, wobei Industrie- und Wissenschaftseinrichtungen ungefähr gleichanteilig unterstützt wurden. Die Förderung umfasste dabei sowohl Pilot- und Verbundvorhaben als auch strategisch angelegte Innovationsallianzen. Energiethemen sind beispielsweise organische Photovoltaik und Leuchtdioden, Elektromobilität und Energiespeicherung sowie Vorhaben mit Bezug zu Leichtbau, Energieeffizienz und energieoptimierten Prozessabläufen. Diese Themen werden auch zukünftig eine wichtige Rolle bei der Nanotechnologieförderung spielen.

**CENIDE:** Welche Beispiele bisheriger Kommunikationsarbeit haben für Sie „Best Practice“-Charakter? Sind bereits neue Kommunikationsprojekte in Planung?

Klar ist: Nur wenn die Ergebnisse der Nano-Forschung auch verständlich vermittelt werden, können neue Produkte als langfristiges Ergebnis der Forschung auch akzeptiert werden und erfolgreich sein. Daher halte ich die Kommunikation

mit Bürgern, Wissenschaft, Industrie und Interessensvertretern bei der Nanotechnologieforschung für besonders wichtig. Ein Highlight erfolgreicher Kommunikationsmaßnahmen ist die nanoTruck-Initiative: Der nanoTruck erklärt als rollendes Ausstellungs- und Kommunikationszentrum anschaulich und



*Das Bundesministerium für Bildung und Forschung in Bonn*

kompakt die Nanotechnologie und erreicht in der gesamten Republik jährlich mehr als 100.000 interessierte Bürgerinnen und Bürger. Flankiert wird die Initiative durch den Einsatz neuer Medien mit umfangreichen online-Informationen- und Kommunikationsangeboten. Darüber hinaus setzt das BMBF nach Bedarf weitere Maßnahmen ein, um Chancen und Risiken der Nanotechnologie zu kommunizieren. Dazu zählen Bürgergespräche, Dialogveranstaltungen mit Vertretern verschiedener Branchen und Internetangebote wie das Portal [www.nanopartikel.info](http://www.nanopartikel.info), das über Auswirkungen von Nanomaterialien auf die Gesundheit und die Umwelt informiert.

**CENIDE:** Viele Unternehmen arbeiten mit Nanotechnologie und deren Produkten, sprechen aber von „smart materials“, vermeiden also den Begriff „nano“. Wie beurteilen Sie persönlich diese Strategie? Diese Reaktion mancher Industrieunternehmen ist meist durch eine intensive gesellschaftliche Diskussion um mögliche Risiken und regulatorische Einschränkungen von Nanomaterialien bedingt. Eine bloße Umbenennung hilft meines Erachtens aber nicht, weder den teilweise bestehenden Sorgen von Bürgern zu begegnen,

noch der Industrie, die ihre Produkte verkaufen will. Vielmehr gilt es doch, mehr Klarheit und damit auch Vertrauen in Bezug auf die Verwendung von Nanomaterialien und die damit verbundenen Chancen und Risiken zu schaffen. Es ist daher wichtig, einen verbindlichen und international abgestimmten Rahmen für

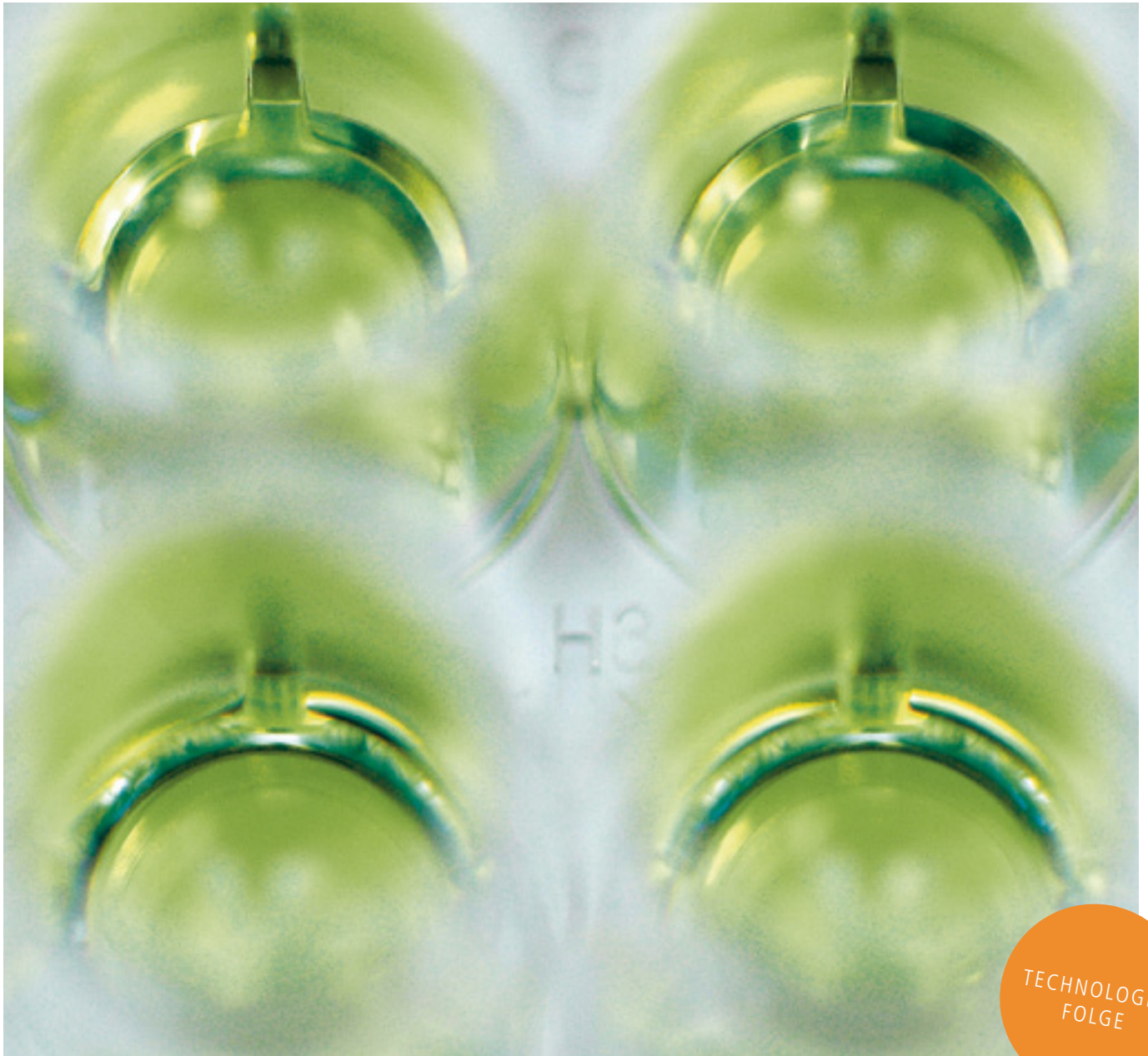
## »EINE UMBENENNUNG VON NANO IN SMART MATERIALS HILFT NICHT«

die Definition, den Nachweis und die sichere Verwendung von Nanomaterialien auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse zu schaffen. Danach dürfte sich die gesellschaftliche Diskussion wohl entspannen. Die Strategie des BMBF ist es, diesen Prozess durch einen offenen und transparenten gesellschaftlichen Dialog auf der Basis (natur)wissenschaftlicher Fakten zu begleiten.

**CENIDE:** Die Nanotechnologie ist ein extrem interdisziplinäres Gebiet. Wie handhaben Sie diese Vielfalt in Ihrer Arbeit im Ministerium und darüber hinaus?

Aufgrund ihres Querschnittcharakters spielt die Nanotechnologie in vielen Forschungsbereichen des BMBF eine wichtige Rolle. Bei der Nanotechnologieförderung findet daher eine intensive, die betroffenen Arbeitseinheiten übergreifende Abstimmung statt. Bezogen auf den gesamten Innovationsprozess gibt es auch eine Überschneidung mit den Zuständigkeiten anderer Bundesressorts, wie z. B. dem Umwelt-, Arbeits- und Verbraucherschutz. Mit dem Aktionsplan Nanotechnologie 2015 wurde unter Federführung des BMBF eine ressortabgestimmte Strategie für Deutschland etabliert, die sämtliche Handlungsfelder und Anwendungen der Nanotechnologie unter dem Dach der Hightech-Strategie der Bundesregierung bündelt.

**Liane Horst, Bundesministerium für Bildung und Forschung**



# NANOMATERIALIEN – NEUES VOM RISIKO

## Analytische Prozesse sind eine echte Herausforderung

Industrielle Nanomaterialien werden in unterschiedlichsten Produkten zur Verbesserung der Eigenschaften eingesetzt. Kratz-feste Lacke, antibakterielle Textilien, durchsichtige Sonnencremes oder gut rie-selnde Gewürze sind nur wenige Beispiele aus einem großen Spektrum. Mit der Verbreitung in Alltagsprodukten wächst die Exposition der Verbraucher und damit das Risiko bei möglicherweise toxischen

Substanzen. Daher werden derzeit auf na-tionaler und europäischer Ebene neue Regulationen der Zulassung und Verwen-dung von Nanomaterialien erarbeitet. In einem ersten Schritt hat die Europäische Kommission vorläufig Nanomaterialien definiert. Ein Nanomaterial in der Defini-tion der EU-Kommission wird beschrieben als „ein natürliches, bei Prozessen anfallen-des oder hergestelltes Material, das Partikel

in ungebundenem Zustand, als Aggregat oder als Agglomerat enthält, und bei dem mindestens 50 Prozent der Partikel in der Anzahlgrößenverteilung ein oder mehrere Außenmaße im Bereich von 1 nm bis 100 nm haben.“ Nanomaterialien müssen nach der neuen EU-Definition nach Anzahl, Größe und prozentualem Anteil in einem Material charakterisiert werden. Die Defi-nition wird 2014 überprüft. Für Unterneh-

men birgt die EU-Definition große Herausforderungen. Sind Hersteller definierter Nanomaterialien mit der Risikobewertung und der physikalisch-chemischen Charakterisierung gut vertraut, betrifft die EU-Re-

## »EIN ODER MEHRERE AUSSENMASSE VON 1 NANOMETER BIS 100 NANOMETER«

gelung auch zahlreiche Hersteller pulverförmiger Materialien, die durch den Herstellungsprozess nanoskaliges Material enthalten. Der geforderte hohe Anteil nanoskaliger Partikel scheint auf den ersten Blick sehr restriktiv, allerdings sind viele scheinbar große Partikel in einer Dimension kleiner als 100 nm und entsprechend auch in größerer Zahl vorhanden. Diese Partikel entstehen beispielsweise bei der Herstellung von Farben oder Graphitprodukten durch Mahlen oder Abrieb.



*Dispersion von Nanopartikeln in biologischen Medien.*

Unabhängig von der Europäischen Definition haben Nationalstaaten bereits weitergehende Regelungen verabschiedet. Frankreich verlangt mit dem Beginn des Jahres 2013 von Herstellern und Importeuren, Nanomaterialien in Produkten zu deklarieren und zu charakterisieren. Zudem müssen die Methoden der Charakterisierung spezifiziert werden.

Entsprechend den umfassenderen Definitionen verschiebt sich der Forschungs-

fokus in der Materialcharakterisierung und Toxikologie von klassischen Nanomaterialien hin zu komplexen Materialien und deren Veränderung durch Gebrauch und Entsorgung.

Isolierte Nanomaterialien aus der Produktion lassen sich gut charakterisieren – im Gegensatz zu Nanomaterial, das in einer komplexen Umgebung gebunden ist. Geeignete Techniken dafür sind derzeit nicht evaluiert und daher für die Einordnung eines Produktes nicht verfügbar. Benötigt werden sowohl die chemische Charakterisierung als auch die Analyse der Partikelgröße in hoher Auflösung in einem komplexen Material. Da keine der etablierten analytischen Technologien beides leisten kann, müssen die Produkte zur Nanopartikelanalytik aufgearbeitet werden. Dabei können Nanopartikel aggregieren oder deaggregieren, sich partiell auflösen oder anderweitig verändern.

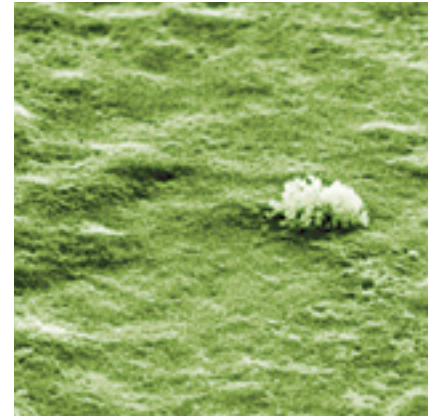
## »METALLE UND METALLOXIDE SIND ÜBERWIEGEND UNBEDENKLICH«

Die Entwicklung von analytischen Prozessen zum Nanomaterialnachweis und zur Prozesskontrolle ist die Herausforderung der chemisch-physikalischen Forschung.

Industrielle Nanomaterialien sind toxikologisch in Tierversuchen und Zellkulturen gut untersucht. Metalle und Metalloxide sind überwiegend unbedenklich. Ausnahmen bilden ZnO- und Silbernanopartikel aufgrund ihrer Löslichkeit und des toxischen Potenzials der Metallionen, und einige Kohlenstoff-basierte Nanomaterialien.

Trotz der intensiven Charakterisierung der physikalisch-chemischen Partikeleigenschaften gibt es bislang keine direkte Korrelation einer bestimmten Materialeigenschaft mit biologischen Effekten. Dies würde ein Modellieren der Partikelwirkung erlauben und wesentlich zur Herstellung von Nanomaterialien mit

geringeren biologischen Effekten beitragen. Diese Forschung wird unter dem Kürzel QSAR (Quantitative Structure



*Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von TiO<sub>2</sub>-Nanopartikeln auf humanen Keratinozyten.*

Activity Relationship/Quantitative-Struktur-Wirkungs-Beziehung) zusammengefasst. In den Mittelpunkt der Betrachtungen geraten derzeit der Überzug der Nanomaterialien mit biologischen Substanzen und die Veränderung dieser Oberfläche im Lebenszyklus eines Materials. Nanomaterialien binden mit ihrer großen Oberfläche in einer biologischen Umgebung Proteine, Fette oder Zucker. Das kann Zellkulturmedium sein, die Oberfläche der Lunge nach Einatmen oder der Mageninhalt nach Verschlucken. Nanomaterialien unterscheiden sich in der Bindung spezifischer Substanzen. Da Zellen Nanomaterialien über diese Oberflächenbeschichtung wahrnehmen, sind diese Unterschiede ein Erklärungsansatz für die Varianz der biologischen Effekte. Inwieweit diese Beschichtung stabil ist oder sich je nach Umgebung ändert, und ob damit eine veränderte Toxizität einhergeht, ist Gegenstand aktueller Forschungsprojekte. Projekte und ihre Ergebnisse werden in den BMBF-Projektbereichen „NanoNature“ und „NanoCare“ ([www.nanopartikel.info](http://www.nanopartikel.info)) sowie dem EU NanoSafety Cluster ([www.nanosafetycluster.eu](http://www.nanosafetycluster.eu)) präsentiert und laufend aktualisiert.

**Dr. Jürgen Schnekenburger,**  
**Biomedizinisches Technologiezentrum,**  
**Westfälische Wilhelms-Universität,**  
**Münster**

NRW-Wissenschaftsministerin Svenja Schulze, Prof. Dr. Christof Schulz, Wissenschaftlicher Direktor des NETZ, und Prof. Dr. Ulrich Radtke, Rektor der Universität Duisburg-Essen, betrachten einen Flammenreaktor zur Herstellung von Nanopartikeln.



Fotos: © CENIDE

NEUERÖFFNUNG

## WO PARTIKEL ZU MATERIALIEN WERDEN

### NRW-Wissenschaftsministerin Schulze bei Einweihung des NanoEnergieTechnikZentrums

„Für Nordrhein-Westfalen ist NETZ ein großer Sprung nach vorn. Ich bin sicher, dass wir in Zukunft noch sehr viel von den hier erzielten Ergebnissen und gewonnenen Erkenntnissen hören werden“, sagt NRW-Wissenschaftsministerin Svenja Schulze am 21. Februar während der Pressekonferenz zur Einweihung des NanoEnergieTechnikZentrums, kurz NETZ, an der Universität Duisburg-

Essen. Und Professor Dr. Robert Schlögl, unter anderem Direktor des Max-Planck-Instituts für Chemische Energiekonversion in Mülheim an der Ruhr (MPI-CEC), bestätigt: „Nur durch das NETZ in unmittelbarer Nähe ist unsere Forschung am MPI-CEC überhaupt möglich. Gäbe es dieses Forschungszentrum nicht, hätten wir selbst so etwas gründen müssen.“ Das Land Nordrhein-Westfalen

hatte das NanoEnergieTechnikZentrum im Jahr 2010 im Namen des Center for Nanointegration der Universität Duisburg-Essen (CENIDE) über den Wissenschaftsrat eingeworben und die Hälfte der Bau- und Ersteinrichtungskosten von rund 46 Millionen Euro übernommen. Es enthält 36 physikalische und chemische Labore sowie 66 Büros auf ca. 3.900 m<sup>2</sup> Hauptnutzungsfläche. 120 Wissenschaft-

ler aus der Chemie, der Physik und den Ingenieurwissenschaften sowie aus kooperierenden Einrichtungen entwickeln hier nun maßgeschneiderte Nanomaterialien für energietechnische Anwendungen, etwa in der Photovoltaik,

## »FÜR NRW IST NETZ EIN GROSSER SPRUNG NACH VORN«

der Thermoelektrik oder auch der Batterie- und Brennstoffzellentechnik. Die fächerübergreifende Zusammenarbeit in projektbezogen miteinander gekoppelten Speziallaboren ist in dieser Form einzigartig: In einer eigenen Syntheseanlage können hochwertige Nanopartikel auch in größeren Mengen für die Weiterverarbeitung produziert werden. Die Syntheserate erreicht hier je nach Art und Qualität des Produkts Größenordnungen von Kilogramm pro Stunde. Das erlaubt es den Wissenschaftlern der verschiedenen Disziplinen erstmals, in ihren miteinander verbundenen Laboren ganze Bauteile



Dreistöckiges Labor für die Nanopartikelsyntheseanlage

und Demonstratoren herzustellen und alle Schritte der jeweiligen Prozesskette im hauseigenen Mikroskopiezentrum detailliert zu untersuchen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden wiederum an die Wissenschaftler der Syntheseanlage rückgemeldet, die daraufhin

die Eigenschaften der maßgeschneiderten Nanopartikel dementsprechend optimieren können.

In die Großgeräte des Mikroskopiezentrums wurden sechs Millionen Euro investiert, das teuerste Einzelgerät ist ein Elektronenmikroskop im Wert von zwei Millionen Euro. Für die hochempfindlichen Geräte werden Temperatur und Feuchtigkeit exakt geregelt. Zudem stehen sie auf jeweils 100 Tonnen schweren Fundamenten, die schwingungsfrei vom Gebäude abgekoppelt sind. Im Boden belassene Spundwände schirmen darüber hinaus auch elektromagnetisch nach außen ab. Natürlich sind auch Stromversorgung und Klimaregelung auf die ökologisch und auch ökonomisch sinnvollste Art geregelt: Wärmepumpen nutzen die Abwärme aus den Laboren zur Heizung der übrigen Bereiche, insbesondere für die Büros. Photovoltaikanlagen auf dem Dach erzeugen stetig elektrischen Strom. Um die Eigenentwicklungen auf dauerhafte Beständigkeit zu prüfen, gibt es auf dem Dach eine Bewitterungs-Testfläche für funktionale Beschichtungen aller Art.

Zentrales Ziel der Arbeiten im NETZ sind die Herstellung und Analyse sowohl neuer Nanomaterialien als auch neuer Methoden, um Anwendungen in der Energietechnik zu erschließen. Im Vordergrund stehen:

- **Brennstoffzellen**

(z. B. langzeitstabile Katalysatoren mit minimierter Edelmetallbelegung und verbessertem Wassermanagement für Brennstoffzellen)

- **Lithium-Ionen-Batterien**

(z. B. Anodenmaterialien mit fünffach höherer Speicherdichte)

- **Energietechnisch relevante Katalyse**

(z. B. Photokatalyse mit deutlich erhöhter Effizienz sowie neue Katalysatoren für die Kraftstoffherzeugung aus Biomasse und Strom)

- **Photovoltaik**

(z. B. Erhöhung der Effizienz durch neue laserbasierte Dotierungsverfahren)

- **Thermoelektrik**

(z. B. neue Komposite für eine effizientere Nutzung thermischer Energie)



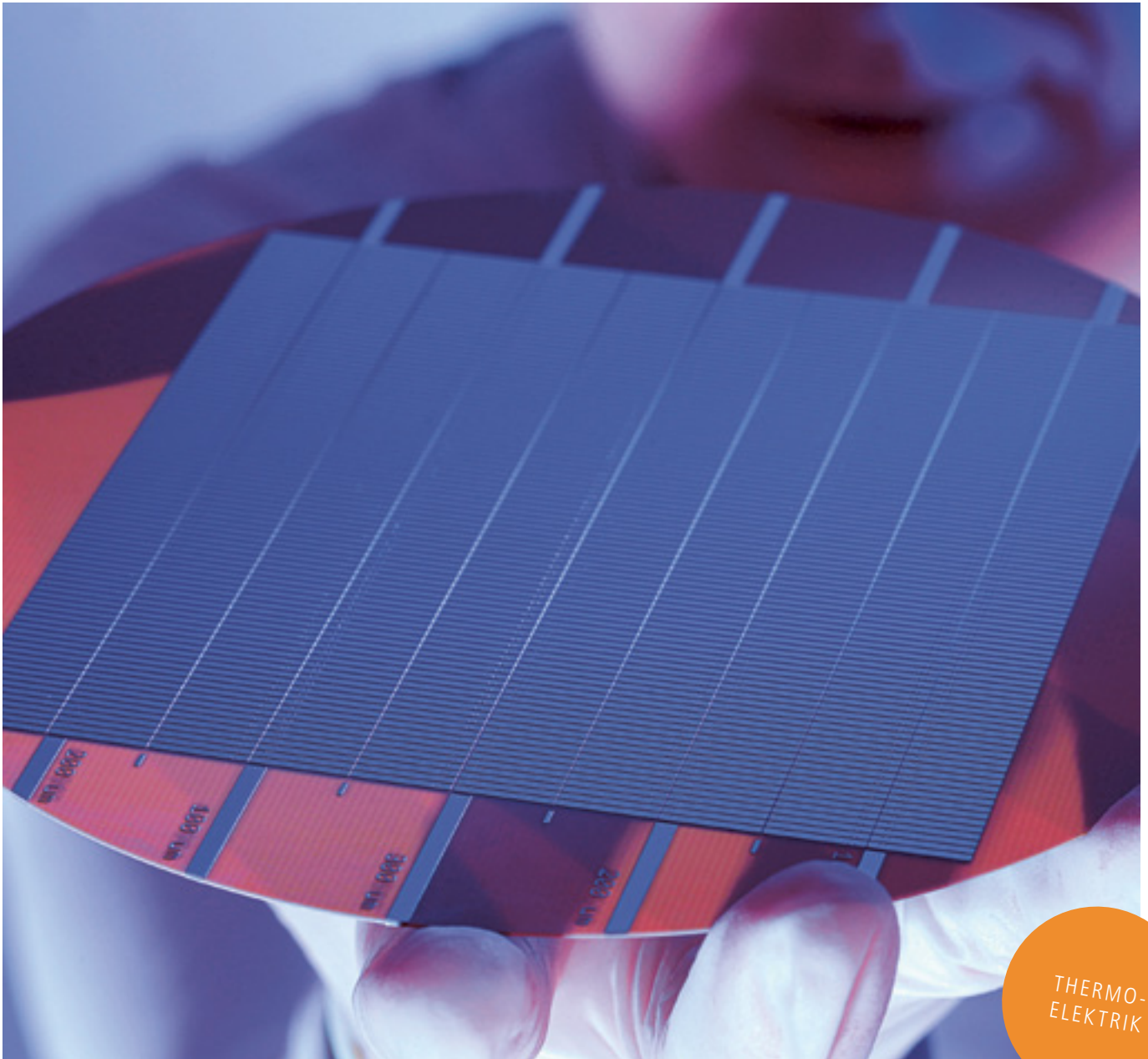
Schriftzug am Südeingang des NETZ

Als Standort fand sich ein wahres Filetstück des Duisburger Campus': Mit dem Zentrum für Brennstoffzellentechnik im Süden, dem Zentrum für Halbleitertechnik und Optoelektronik im Westen sowie den Fakultäten für Physik und Ingenieurwissenschaften ebenfalls in direkter Nach-

## »FORSCHER KÖNNEN ERSTMALS GANZE PROZESSKETTEN ANALYSIEREN«

barschaft bieten sich für die im NETZ arbeitenden Wissenschaftler ganz wörtlich Kooperationsmöglichkeiten in alle Richtungen. So können Partner aus Wissenschaft und Industrie im NETZ eigene Labors und Büros beziehen. Konkrete Pläne hierzu gibt es bereits mit dem Forschungszentrum Jülich (Photovoltaik), dem Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion in Mülheim/Ruhr (Katalyse) sowie der Osram GmbH (Nanopartikel-basierte Leuchtdioden).

**Birte Vierjahn,**  
**Center for Nanointegration (CENIDE),**  
**Universität Duisburg-Essen**

THERMO-  
ELEKTRIK

# THERMOELEKTRISCHE GENERATOREN

## Wege in die Wirtschaftlichkeit

Die Experten auf dem Gebiet der Thermoelektrik sind sich einig: Der in der jüngeren Vergangenheit sich aufbauende Hype um diese Disziplin droht abzuebben, wenn es nicht sehr kurzfristig gelingt, aus den positiven Entwicklungen auf dem Materialsektor auch wirtschaftlich sinnvoll einsetzbare Produkte zu erzeugen. Die im Jahre 2012 unter anderem auf der Internationalen Thermoelektrik-Tagung in Aalborg, Dänemark, präsentierten Trends zeigen hier leider keine nennenswerten Sprünge in der Technologie- und Produktentwicklung. Noch immer arbeiten die meisten Entwicklungsgruppen vorwiegend an der Materialverbesserung.

Der Aufbau von Modulen, der aus einem thermoelektrischen Material ein thermoelektrisches Bauteil und damit ein Produkt

macht, das thermomechanisch funktioniert und nicht vorzeitig aufgrund seines Aufbaus versagt, wird weiterhin stiefmütterlich behandelt. Dabei liegt hier die große Schwäche der eigentlich sehr vielversprechenden Technologie: Aus Materialien mit ZT-Werten oberhalb von 1,0 werden Module in der traditionellen Klötzchen-Bauweise gefertigt, die diese Gütezahl auf Modulebene deutlich senkt

und oft sogar halbiert. Gerade auf dem vernachlässigten Gebiet des Aufbaus von thermoelektrischen Bauteilen hat O-Flexx Technologies aus Duisburg im Jahr 2012

## » DIE THERMOELEKTRIK MUSS AUS DEN POSITIVEN ENTWICKLUNGEN AUF DEM MATERIALESEKTOR WIRTSCHAFTLICH EINSETZBARE PRODUKTE MACHEN. «

entscheidende Schritte nach vorn gemacht. Die Produktreihe „O-Flexx Power Strap“ (siehe auch Bericht in Ausgabe 1/2010 des NanoEnergie-Newsletters) konnte bei einem Temperaturunterschied von 140 K zwischen Heiß- und Kaltseite eine Leistung von 1,7 W pro Meter des Streifens erbringen.

Die größten Vorteile des Power Straps liegen dabei in seiner äußeren Form und seiner Anbindungsmöglichkeiten an die Umgebung. Der Streifen eignet sich zur Nutzung mit verteilten Wärmequellen



O-Flexx Power Strap

und -senken, ist flexibel und kann durch seine thermomechanische Auslegung mit diesen durch eine Lötung verbunden werden. Hier zeigen die bisher entwickelten und vermarkteten Produkte infolge ihres meist keramischen Aufbaus deutliche Schwächen. Die auf der Seite der Wärmetauscher verwendeten Materialien sind

meistens Kupfer oder Stahl. Hinsichtlich ihrer Ausdehnungskoeffizienten sind beide Materialien denkbar schlecht zur materialschlüssigen Kopplung mit Keramiken geeignet.

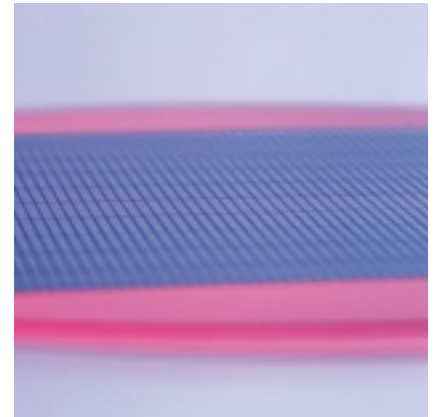
Das Ergebnis ist bekannt: Die Anbindung erfolgt mithilfe von Wärmeleitpasten, die zur Erreichung eines niedrigen thermischen Übergangswiderstandes hohe mechanische Drücke benötigen. Diese Drücke werden mithilfe mechanischer Spannvorrichtungen erzeugt, die ein System so schwer machen, dass sie für mobile Anwendungen in Autos, Lokomotiven oder anderen Fahrzeugen nur bedingt einsetzbar sind, selbst wenn die Zusatzkosten tolerierbar wären.

## »DIE PRODUKTIONSSTRASSE ERREICHT IM DREISCHICHT-BETRIEB KAPAZITÄTEN IN DER GRÖßENORDNUNG VON 1,0 MW.«

Die erzeugbare elektrische Leistung eines thermoelektrischen Systems ist aber noch nicht ausreichend für seine Verbreitung in Massenmärkten. Nur wenige Nischen lassen hohe Systemkosten zu, die für den Endnutzer zu hohen Investitionen und langen Amortisationszeiten führen.

Das weitere Augenmerk muss demnach auf einer kostengünstigen Produktion liegen. Dieses Ziel hatte neben der elektrischen Leistung der Module die oberste Priorität beim Aufbau der Produktionsstraße. Mittlerweile verfügt das Unternehmen über Kapazitäten in der Größenordnung von 1,0 MW, wenn die Linie im Dreischicht-Betrieb betrieben wird. Nur auf Basis der damit erreichbaren Produktionskosten lassen sich Module mit ausreichend niedrigen Kosten herstellen. Wichtig ist hierbei die direkte Kontaktierung zwischen p- und n-dotierten Schichten durch einen pn-Übergang, wie ihn auch Solarzellen zur Generierung von Ladungsträgern nutzen. Diese Entwicklung ist patentrechtlich geschützt und trägt zu

einer deutlich gesteigerten Effizienz der Generatoren bei. Erste Versuchsmuster auf Basis des Power Straps zeigen bei nied-



O-Flexx Power Board

rigeren elektrischen Innenwiderständen eine höhere elektrische Spannung, was eine deutliche Steigerung der erzielbaren Leistung erwarten lässt. Hier zeigte das Jahr 2012 erste Ansätze auch in der weltweiten Forschung.

O-Flexx Technologies arbeitet derzeit neben dem Power Strap auch an einem Produkt für Anwendungen oberhalb von 250° C auf der Heißeite des Thermogenerators. Die „Power Cell“ mit Silizium-Germanium als thermoelektrisch aktivem Material wird im Laufe des Jahres 2013 das Stadium der Prototypenreife erlangen, um sie in konkreten Projekten für Anwen-

## »ERSTE VERSUCHE LASSEN EINE DEUTLICHE LEISTUNGS-STEIGERUNG ERWARTEN.«

dungen des Transportsektors, in Blockheizkraftwerken und bei der industriellen Abwärme zu testen.

So wird das Jahr 2013 auch hier zeigen, ob die Ergebnisse den bisherigen Hype um die Thermoelektrik rechtfertigen.

**Dr. Holger Ulland,**  
**O-Flexx Technologies GmbH,**  
**Duisburg**



PHOTOVOLTAIK

# FLEXIBLE ORGANISCHE SOLARZELLEN

## Mehr Effizienz durch synthetisierte oder lasergenerierte Nanopartikel

Flexible organische Solarzellen können bei geeigneter Prozessierung dem Niedrigkostensektor zugeordnet werden und liegen im Interesse derzeitiger Forschung. Ihre möglichen Anwendungen reichen von innovativen Gebäudeapplikationen bis hin zur Energieversorgung mobiler Kleingeräte. Um die organischen Solarzellen kostengünstig herzustellen, müssen sie vollständig aus einer Lösung her-

aus auf Rolle-zu-Rolle prozessierbar sein. Eine organische Solarzelle besteht in ihrem einfachsten Aufbau aus einem photoaktiven Polymergegemisch (meist P3HT:PCBM) zwischen zwei Elektroden, wobei eine der Elektroden Lichtdurchlässigkeit gewährleisten muss. Bei Betrachtung einer konventionell aufgebauten organischen Solarzelle findet als lichtdurchlässige Kathode Indiumzinnoxid

(ITO) Verwendung. Als elektronenleitende Schicht kommt Aluminium (Al) zum Einsatz. Um den Wirkungsgrad der Solarzelle weiter zu erhöhen, werden ferner zwischen den Elektroden und dem photoaktiven Polymer zwei weitere Schichten (u. a. PEDOT:PSS) eingebracht. Bei einer organischen Solarzelle führt das von der Sonne absorbierte Photon im photoaktiven Polymergegemisch

zur Generierung eines gebundenen Elektronen-Loch-Paares, auch als Exziton bezeichnet. Dieses Elektron-Loch-Paar diffundiert durch das Polymergemisch zur polymeren Grenzschicht (Grenzschicht zwischen P3HT und PCBM). An der Grenzschicht wird durch Überwinden der Bindungskräfte das Elektron-Polaron (kurz: Elektron) von dem Loch-Polaron (kurz: Loch) getrennt. Die treibende Kraft zur Überwindung der Bindungskräfte ist das Polymergemisch. P3HT dient dabei als Elektronendonator und das PCBM als Elektronenakzeptor. Nach Trennung erfolgt der Transport der Ladungsträger über die Elektroden.

Der wesentliche Nachteil des oben erwähnten konventionellen Solarzellenaufbaus besteht darin, dass es sich bei der Auftragung des Aluminiums um einen Aufdampfprozess handelt und eine vollständig lösungsbasierte Rolle-zu-Rolle-Prozessierung nicht möglich ist. Um dennoch eine lösungsbasierte, kostengünstige Herstellung zu ermöglichen, wird die Schichtreihenfolge bzw. der Elektronenfluss innerhalb der Solarzelle invertiert und das Aluminium durch druckbares Silber substituiert. In Analogie zur konventionellen Solarzelle werden zur Wirkungsgradsteigerung auch hier zwei weitere Schichten zwischen den Elektroden und dem photoaktiven

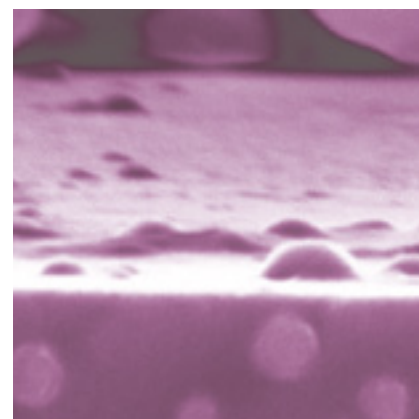
auf der lichtdurchlässigen Seite der Solarzelle befindet, werden neben den Anforderungen an eine hohe Elektronenmobilität und der Funktion als Lochblocker auch Anforderungen an ihre Transparenz gestellt.

Zur Gewährleistung einer hohen Transparenz besteht generell das Bestreben, die Nanopartikel möglichst klein, als Quantum dots ( $< 10\text{ nm}$ ) zu gestalten. Der angestrebten Größenreduzierung sind jedoch, bei Betrachtung des Ladungsträgerprozesses einer Solarzelle, Grenzen gesetzt. Die ZnO-NP-Schicht muss zur Weiterleitung der Elektronen ein gewisses Potenzialgefälle bereitstellen und weist somit eine spezifische Bandlückengröße (energetischer Abstand zwischen Valenzband und Leitungsband) auf. Quantum dots unterliegen jedoch dem Größenquantisierungseffekt, der mit sinkender Partikelgröße zu einer exponentiellen Vergrößerung der Bandlücke führt. Aufgrund der an die ZnO-NP gestellten Anforderungen werden diese in der Regel aus einem Syntheseprozess heraus generiert. Das Synthetisieren ermöglicht die Herstellung einer relativ hohen Konzentration von Nanopartikeln mit einer spezifisch vordefinierten Größe bzw. mit immer gleichbleibenden, charakteristischen Eigenschaften, wie beispielsweise der Bandlücke.

Neben einer Wirkungsgradsteigerung ermöglicht die Einbettung von ZnO-NP in ein spezifisches photoaktives Polymer eine längere Lebensdauer in der Umgebungsumgebung. Als relativ stabil hat sich das Polymer P3CT erwiesen, es trägt zur Absorption der Photonen bei und bewirkt die daraus resultierende Generierung eines Elektronen-Loch-Paares (Exziton). Um das Elektronen-Loch-Paar aus seiner Bindung zu lösen und weiterzuleiten, bedarf es wie oben beschrieben eines Elektronen akzeptierenden Materials, das durch Integration der ZnO-NP in dem photoaktiven Polymer bereitgestellt wird.

In Analogie zu den ZnO-NP werden ferner Nanopartikel aus Gold (Au-NP) zur Wirkungsgradsteigerung verwendet. Die Integration von Gold-NP innerhalb der kathodenseitigen PEDOT:PSS-Schicht

führt zu einer besseren Lochleitung und bewirkt durch Rückreflexion des Lichts eine erhöhte Exzitonengenerierung. Die wesentlichen Nachteile, die sich aus der Verwendung von Nanopartikeln innerhalb einer organischen Solarzelle ergeben, sind u. a. die durch den Syntheseprozess aufwändigen Schritte für das Waschen der Nanopartikel und deren Reinigung von kolloidalen Lösungsmitteln. Abhilfe schafft hier die laserbasierte Herstellung von Nanopartikeln.



*Au-NP eingebettet in PEDOT:PSS.*

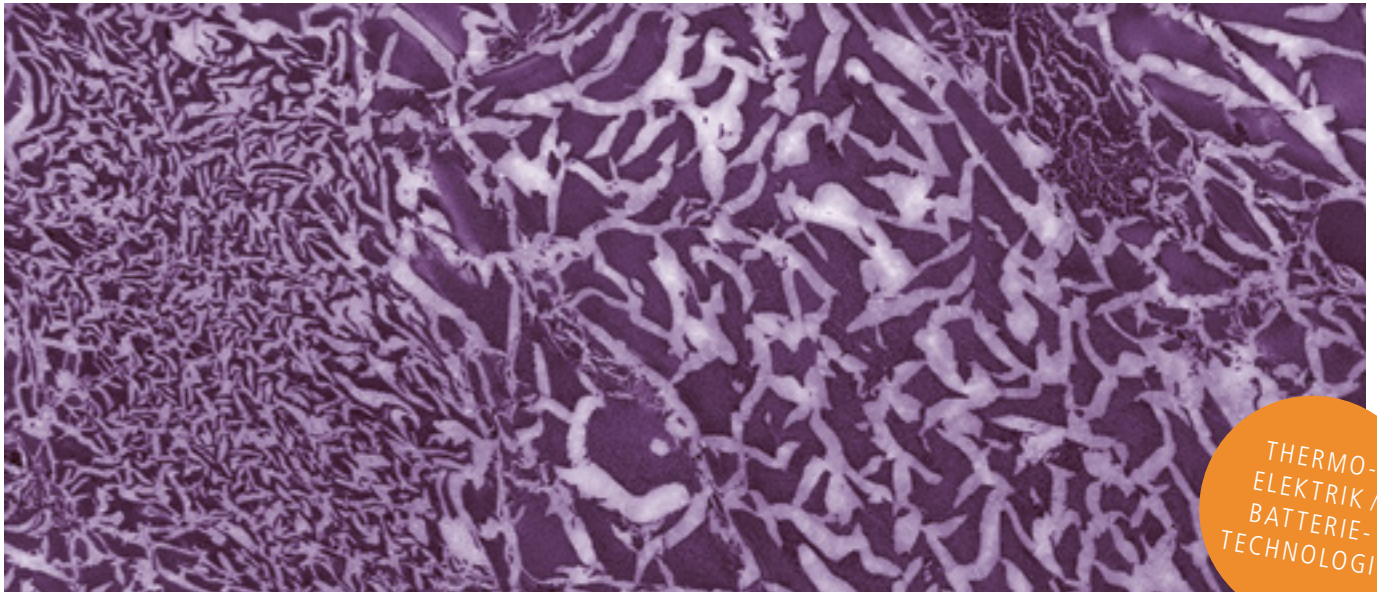
Bei der Methode der Laserablation können die Nanopartikel durch Einbetten eines Grundmaterials (z. B. Gold) direkt in einer geeigneten Polymerlösung (z. B. PEDOT:PSS) hergestellt werden. Die aufwändigen Wasch- und Reinigungsprozeduren entfallen dabei. Im Anschluss daran kann das mit Nanopartikeln dotierte Polymer direkt für den Beschichtungsprozess der Solarzelle verwendet werden. Als schwierig gestaltet sich derzeit jedoch bei der laserbasierten Herstellung von Nanopartikeln die präzise Kontrolle der generierten Partikelgröße. Es besteht daher die Notwendigkeit, weitere Forschungsaktivitäten in diesem Bereich durchzuführen. Denkbar sind hier die Variation der Laserparameter und die anschließende Analyse der Partikelgrößenverteilung.

**Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Ostendorf, Susana Abreu Fernandes, Aissam Essaidi, Lehrstuhl für Laseranwendungstechnik, Ruhr-Universität Bochum**

## »DIE ZNO-NP-SCHICHT GEWÄHRLEISTET EINEN BESSEREN ELEKTRONENTRANSPORT«

Polymer eingebracht. Eine dieser Schichten besteht aus ca. 5 nm kleinen Zinkoxid-Nanopartikeln (ZnO-NP).

Die ZnO-NP-Schicht gewährleistet aufgrund ihrer relativ hohen Elektronenmobilität einen besseren Elektronentransport. Ferner dient sie als sogenannter „Lochblocker“ und führt somit zum alleinigen Transport der Elektronen. Dadurch, dass sich die ZnO-NP-Schicht



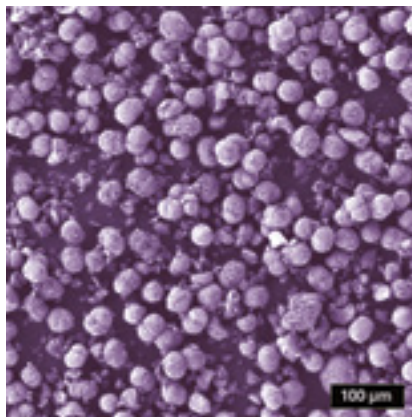
## DESIGN EN MINIATURE

### Wie die Precursorkeramik mit molekularem Design die Eigenschaften in Keramiken bestimmt

Bestimmte Eigenschaften in Keramiken für genau definierte Einsatzgebiete gezielt einzustellen ist eine der Kernkompetenzen der von der Fraunhofer-Gesellschaft geförderten Attract-Gruppe Precursorkeramik.

Indem die Wissenschaftler Vorläuferverbindungen verwenden, sogenannte Precursoren, können sie Keramiken mit bestimmten Zusammensetzungen, Mikrostrukturen und Eigenschaften gezielt synthetisieren. Die auf nanoskaliger Ebene eingestellten Materialeigenschaften können durch vielfältigste Verfahren über Strukturierung im Nano- bis Mikrometerbereich erreicht werden. Die Precursorkeramik bietet damit herausragende Möglichkeiten auf dem Gebiet der Materialsynthese, um funktionalisierte Partikel und keramische Materialien zu erzeugen – zum Beispiel für Thermoelektrika und Batteriesysteme.

Für thermoelektrische Anwendungen ist es wünschenswert, Materialien zu verwenden, die für den Hochtemperatureinsatz geeignet und deren Rohstoffe ausreichend verfügbar sowie nicht toxisch sind.



*In-Situ hydrothermal synthetisierte Granalien von Elektrodenmaterial für die Li-Ionen-Batterie*

Um die thermoelektrische Performance eines Materials zu verbessern, kann die Wärmeleitfähigkeit über Nano- bis Mikrostrukturierung des Werkstoffes herabgesetzt werden. Zusammensetzung, Korngrenzphasen und Mikrostruktur lassen sich über organometallische Precursoren gleichzeitig steuern und verändern.

Es konnte bereits nachgewiesen werden, dass bei Einsatz der Precursoren sowohl die Korngröße als auch die Korngrenzphasen variiert und eingestellt werden können.

Die so erhaltenen Gefügestrukturen weisen je nach Einstellung eine bimodale Korngrößenverteilung mit einer hohen Anzahl an Grenzflächen auf. So lässt sich die Wärmeleitfähigkeit herabsetzen.

Eine weitere Optimierung können die Wissenschaftler über die Dotierung des Materials außerhalb der konventionellen Pulvermethoden bereits bei der Precursorsynthese realisieren. Die Precursorkeramik eröffnet zudem neue Möglichkeiten in der Entwicklung von Li-Ionen-Materialien. Genaue Phaseneinstellung, geringe Korngrößen und eine hohe spezifische Oberfläche verringern die Li-Ionen-Diffusionswege in den Elektrodenmaterialien. Der Aufbau einer nötigen Kohlenstoffschicht auf den Elektrodenmaterialien kann bereits in-situ während der Synthese erfolgen, sodass ein kompletter Verfahrensschritt eingespart wird.

**Dr. Isabel Kinski,**  
**Precursorkeramik, Fraunhofer**  
**Institut für Keramische Technologien**  
**und Systeme, Dresden**



# STROM ZUM MITNEHMEN

## Sächsischer Hersteller bringt leichte Gasbatterie auf den Markt

Nicht nur die Zellen sind klein, auch die Bestandteile des Ausgangsmaterials sind es: keramische Mikro- und Nanopulver. Über verschiedene Fertigungsschritte versieht der Hersteller eZelleron GmbH in Dresden mit diesen Pulvern 3 mm starke und 4,5 cm lange Cermet-Röhrchen mit  $\mu\text{m}$ -dünnen Funktionsschichten. So verfügt jedes dieser Röhrchen (microtubular Solid Oxide Fuel Cells, SOFCs) über eine aktive Brennstoffzellenfläche von etwa  $4 \text{ cm}^2$ . Ein Röhrchen stellt mit herkömmlichem Camping- oder Feuerzeuggas (LPG) dauerhaft eine Leistung von mehr als 1 Watt (5 Watt unter Standardtestbedingungen) mit einem Wirkungsgrad von über 60 Prozent zur Verfügung. Elektrischer Strom wird somit im Gegensatz zu Akkus ohne Ladezeiten und mit wenig Eigengewicht verfügbar. Die Röhrchen sind bis zu 20-mal leichter als Li-Ionen-Akkus.

Besonders bei der Ausführung des Elektrolyten und der Verzahnung der einzelnen Schichtaufbauten der mikrotubularen Zellen war werkstoffwissenschaftliches, verfahrenstechnisches und letztlich auch nanotechnologisches Know-how gefragt.



Die mobile Gasbatterie go:batt 125 erzeugt Strom aus Campinggas.

Die kleinen Energiebündel können in beliebiger Stückzahl in Produkte integriert und nach den Erfordernissen des Einsatzzwecks elektrisch verschaltet werden. Der Hersteller fertigt auch ein „Hot-Box-Systemkit“ mit Gasanschluss und Stromabgriff sowie ein Hybridsystem, passend zum Lastprofil des Einsatzfalles für Kunden. Ein solches Hybridsystem, wie es in den Gasbatterien enthalten ist, soll diese zur neuen Alternative für eine sichere, mobile Stromversorgung machen. Die kompakten Gasbatterien sind einfacher in

der Handhabung als ein Campinggaskocher, leicht und robust – also prädestiniert für den portablen und mobilen Einsatz. Die Gasbatterie als eigene Steckdose für unterwegs ersetzt so eine Vielzahl von Batterien, Ladeadaptoren und Reise Steckern. Sie wird derzeit vom TÜV geprüft und zertifiziert, um sicherzustellen, dass der Umgang mit ihr jederzeit gefahrlos möglich ist.

Die Gasbatterien sind zum Beispiel in der Lage, in Kombination mit einer handelsüblichen 250 g-Campinggas-Kartusche ein vollständig entladenes iPad4 zwölfmal voll zu laden. Wichtige Anwendungsfelder sind der Einsatz bei leichten Elektrofahrzeugen, wie E-Bikes, aber auch in der mobilen Automation, der Sensorik und bei Sicherheitssystemen.

eZelleron hat mehrere wichtige Entwicklungspartner und arbeitet in enger Kooperation mit dem Fraunhofer IKTS. Die EU und der sächsische Freistaat fördern die Entwicklung.

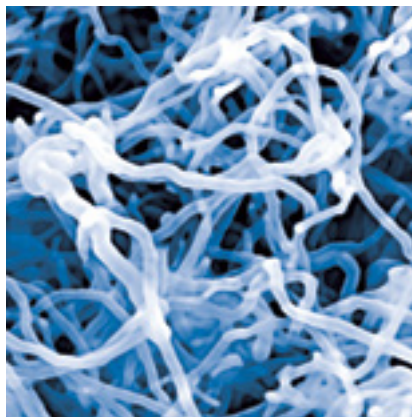
**Dr. Sascha Kühn,**  
**eZelleron GmbH, Dresden**



# ENERGIEANWENDUNGEN BEI INNO.CNT

## Kohlenstoffnanoröhren bieten neue Lösungsansätze für den Energiesektor

Energierelevante Anwendungsbereiche stehen bei deutschen und europäischen Forschern hoch im Kurs. Zur effizienten Energieumwandlung, -übertragung, -speicherung und -nutzung bieten neuartige Materialien wie Nanokohlenstoffe im Labor entwickelte Ansatzpunkte. Unter den Nanokohlenstoffen erweisen sich die in kommerziellen Qualitäten und Quantitäten bereits verfügbaren mehrwandigen Kohlenstoffnanoröhren (CNT) durch ihre vielfältigen elektrischen Eigenschaften in Kombination mit hoher mechanischer Festigkeit und chemisch-thermischer Beständigkeit als ein idealer Werkstoff.



*Kohlenstoffnanoröhren in farbiger Darstellung (500 nm) unter dem Rasterelektronenmikroskop*

Die Herausforderung besteht in der Übertragung der Einzelröhreneigenschaften auf geeignete Zwischenprodukte für optimierte oder ganz neue Endanwendungen im kommerziellen Maßstab. Die vom BMBF geförderte Innovationsallianz Inno.CNT hat sich mit 90 Partnern aus Industrie und Wissenschaft dieser Aufgabe gewidmet. Von 27 Projekten der Allianz beschäftigen sich fünf mit Basistechnologien und Produktsicherheit. 22 richten sich mit weitem Fokus auf ener-

giebezogene Fragestellungen, von denen hier einige exemplarisch genannt werden:

CNT-basierte, leichte und hochfeste, polymere und metallische Strukturen können im Leichtbau zur optimierten Energienutzung beitragen und damit den Weg z. B. zur Elektromobilität ebnen. Ebenso können sie bei der Energieumwandlung z. B. durch langlebigere sowie größere und/oder leichtere Rotorblätter zur Effizienzsteigerung bei Windturbinen beitragen. Weiterhin können CNT als Additive in

Elektroden die Zyklenstabilität von Lithium-basierten Batteriesystemen erhöhen und damit elektrische Energiespeicher optimieren. Bei der effizienten Energieumwandlung und -nutzung stellen transparente, flexible und leitfähige dünne Schichten ein weiteres vielversprechendes Anwendungsgebiet für CNT dar – insbesondere bei Displays und Touchscreens, aber auch in der Photovoltaik. Die erhöhte kommerzielle Verfügbarkeit von weiteren Nanokohlenstoffen, wie z. B. einwandigen CNT, Graphenen, Fullerenen und Nanohörnern bietet zudem noch weiteres Potenzial für elektronische und mechanische Anwendungen.

Für alle Anwendungen ist es notwendig, die vielversprechenden Ergebnisse aus den Labors erfolgreich in den kommerziellen Maßstab zu übertragen und damit aus kreativen Inventionen sichere Innovationen für die Gesellschaft zu liefern.

**Dr. Péter Krüger,**  
**Bayer MaterialScience AG,**  
**Innovationsallianz Inno.CNT,**  
**Leverkusen**

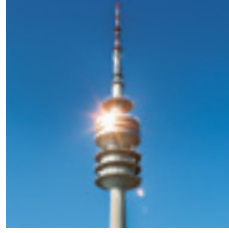


**17.–20.** APRIL 2013

**ST. PETERSBURG, RUSSLAND  
ENERGETIKA &  
ELEKTROTECHNIKA**

Vom 17. bis 20. April 2013 findet auf dem Messegelände Lenexpo eine der wichtigsten Messen für Energie- und Elektrotechnik in Russland statt. Die Schwerpunkte „Energiesparende und energieeffiziente Technologien“, „Elektroenergie-technik“ oder „Umwelttechnik“ sind nur einige von vielen auf dieser Messe, die sich an Ingenieure, Techniker und Energiemanager als Zielgruppe wendet.

[www.energetika.lenexpo.ru/en](http://www.energetika.lenexpo.ru/en)



**12.–16.** MAI 2013

**MÜNCHEN  
21. LASER WORLD OF  
PHOTONICS + CONGRESS**

Seit bereits 40 Jahren repräsentiert diese Messe den Weltmarkt der Laser und der Photonik. Sie versteht sich als Brückenschlag zwischen Wissenschaft und Industrie und stellt den Netzwerkgedanken und den Wissensaustausch in den Mittelpunkt. Hochauflösende bildgebende Verfahren auf Nanoebene stellen nur eines der vielen Themengebiete dar. Parallel findet der World of Photonik-Kongress statt.

[www.world-of-photonics.net](http://www.world-of-photonics.net)



**02.–05.** JUNI 2013

**AACHEN  
15TH EUROPEAN WORKSHOP  
ON MOVPE**

Der Workshop zum Thema „Metallorganische Gasphasenepitaxie“ findet in diesem Jahr im Technology Centre der Universität Aachen statt. Damit kommt der Workshop an den Ort zurück, an dem die europäische Workshopreihe vor 26 Jahren begann. Die neuesten Entwicklungen, Bauelemente, aber auch technische Probleme werden interdisziplinär diskutiert. Deadline für „extended abstracts“ ist der 19. April 2013.

[www.jara.org](http://www.jara.org)



**17.–20.** JUNI 2013

**OSTRAVA, TSCHEDIEN  
NANOMATERIALS & NANO-  
TECHNOLOGY MEETING**

Auf dem Gelände der technischen Universität in Ostrava findet die halbjährliche Konferenz zum Thema Nanomaterial und Nanotechnologie statt, die sich über insgesamt sieben Themenbereiche erstreckt. Dabei soll eine Brücke zwischen Forschern, Studenten und Firmenvertretern geschlagen werden. Beiträge können noch bis zum 15. Mai an [sylvia.holesova@vsb.cz](mailto:sylvia.holesova@vsb.cz) gesendet werden.

<http://www.nanoostrava.cz/index.php>

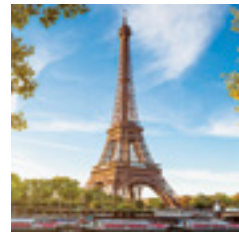


**30. JUNI – 04. JULI 2013**

**KOBE, JAPAN  
32ND CONFERENCE  
ON THERMOELECTRICS**

Die internationale Konferenz als jährliche Tagung der International Thermoelectric Society findet wechselnd auf dem amerikanischen, europäischen und asiatischen Kontinent statt. Im Kobe International Conference Center öffnet die 32. Konferenz für Thermoelektrik diesmal wieder auf japanischem Boden. Der Fokus liegt auf den Themen „Energieeinsparung“ und „Energieerzeugung durch Thermoelektrik“.

<http://ict2013.its.org/invitation>



**30. SEPT. – 04. OKT. 2013**

**PARIS, FRANKREICH  
EUROPEAN PHOTOVOLTAIK  
ENERGY**

Letztes Jahr in Frankfurt, dieses Jahr in Paris: Als Verbindung zwischen Konferenz und Fachmesse der Photovoltaik-Industrie werden den Besuchern zwischen dem 30. September und dem 04. Oktober die neusten Entwicklungen und Innovationen in der Photovoltaik-Branche vorgestellt. Die Ausstellung öffnet am 01. Oktober, Austragungsort ist „The Venue“, das größte Messegelände in Frankreich.

[www.photovoltaiic-conference.com](http://www.photovoltaiic-conference.com)

## CENIDE

---

Die Dimension des milliardstel Meters ist so unvorstellbar klein, dass in ihr andere physikalische Gesetze herrschen als in der uns vertrauten Welt – Gold in der Nanodimension ist rot, Eisennanopartikel sind so reaktiv, dass sie sich selbst entzünden. Dies sind nur zwei Beispiele von vielen. Deshalb bietet die Nanotechnologie die Möglichkeit, in vermeintlich lange bekannten Materialien neue Eigenschaften zu entdecken und diese zu nutzen. Die Einsatzbereiche der Nanotechnologie sind nahezu unbegrenzt und erstrecken sich von der Energietechnik über die Materialwissenschaften bis hin zur Medizin.

Das »Center for Nanointegration Duisburg-Essen«, kurz CENIDE, vertritt den entsprechenden Forschungsschwerpunkt der Universität Duisburg-Essen (UDE): Seit 2005 vernetzt es die Forschungs- und Lehraktivitäten, die sich mit der Nanodimension beschäftigen, in den Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie in der Medizin. Kurz gesagt: CENIDE ist die Gemeinschaft der Nano-Forscher an der UDE – das Know-how von mehr als 50 Arbeitsgruppen unter der Leitung ausgewiesener Experten trifft hier zusammen. Kooperationen mit externen Mitgliedern, die ähnliche Forschungsansätze verfolgen, stärken das Kompetenzspektrum. Einer der Schwerpunkte der CENIDE-Forschung ist die Nanoenergie – der Einsatz der Nanotechnologie für energietechnische Anwendungen. Mit dem Forschungsbau »NanoEnergieTechnikZentrum, NETZ« wurde im Februar 2013 ein bisher einzigartiger Komplex für die Verknüpfung von Grundlagenforschung und anwendungsbezogener Weiterverarbeitung für die Energietechnik eröffnet: In den »linked facilities«, also in direkt miteinander verbundenen Laboren von Ingenieuren, Chemikern und Physikern, werden Nanomaterialien hergestellt, erforscht und unmittelbar für energietechnische Anwendungen weiterverarbeitet.

Als zentrale wissenschaftliche Einrichtung der UDE und Konsortialpartner des Clusters NanoMikro+Werkstoffe.NRW gestaltet CENIDE die Projekte und Ziele der Nanoforschung in NRW maßgeblich mit.

## Kontakt

---

Birte Vierjahn | NanoEnergieTechnikZentrum | Universität Duisburg-Essen  
Forsthausweg 2 (Post) | Carl-Benz-Str. 199 (Besucher) | 47057 Duisburg  
Tel.: +49 203 379-8176 | E-Mail: [cenide@uni-due.de](mailto:cenide@uni-due.de) | [www.cenide.de](http://www.cenide.de)



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

**Ziel2.NRW**  
Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung

Ministerium für Innovation,  
Wissenschaft und Forschung  
des Landes Nordrhein-Westfalen

