

NanoEnergie

EIN NEWSLETTER
VON CENIDE

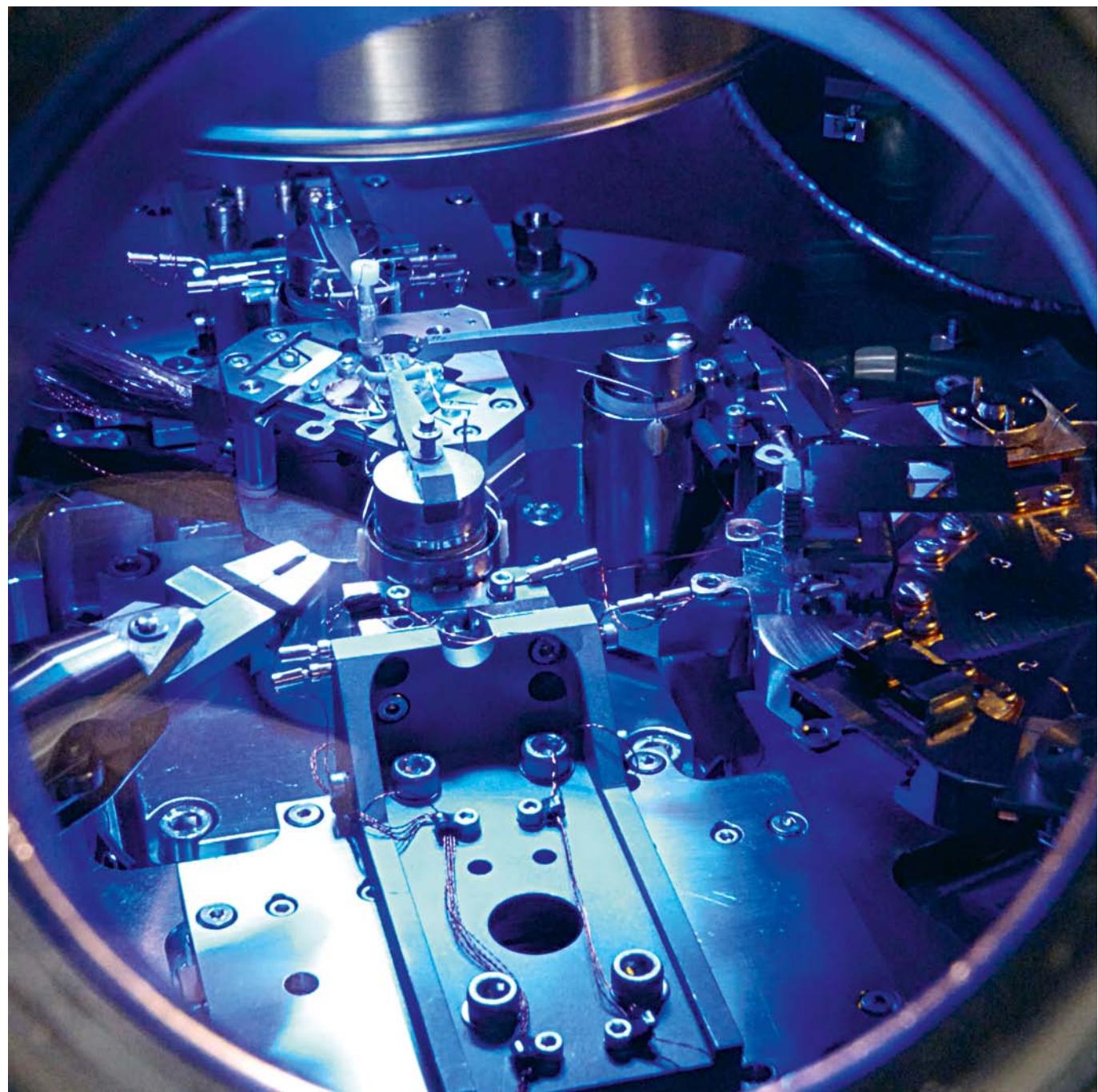
4

FORSCHUNG UND WIRTSCHAFT Innovationen und Grenzüberschreitungen

POLITIK Interview mit NRW-Wissenschaftsministerin Svenja Schulze

NANO IM BILD Ausstellung in New York zeigt Fotos einer anderen Welt

TERMINE Veranstaltungen rund um die Nanotechnologie





INFORMATIONEN IM NEUEN DESIGN

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

darf ich vorstellen: der NanoEnergie-Newsletter in neuem Gewand. Modern, beschwingt und mit neuer Strukturierung erscheint er nun in jeder Ausgabe in einer anderen Farbe und mit einem anderen Titelbild. Aber ein Element haben Sie wiedererkannt, oder? Richtig, das Titelmotiv des alten Newsletters haben wir für die erste Ausgabe des neuen beibehalten. Schließlich sollten Sie Ihre Lektüre gerade beim Öffnen des Umschlags noch wiedererkennen. Was genau Sie auf der ersten Seite sehen, können Sie in Zukunft übrigens auf Seite 3 nachlesen. Das Inhaltsverzeichnis direkt darunter informiert Sie auf einen Blick über die Themen des aktuellen Heftes.

In dieser Ausgabe finden Sie ein Interview mit NRW-Wissenschaftsministerin Svenja Schulze auf den Seiten 6 und 7. Darin betont sie, dass ein Schwerpunkt des Forschungsstandorts NRW auf der Vernetzung von Nanotechnologie und Energie liegt. Passend dazu empfehlen wir auf Seite 19 die Veranstaltung „Photovoltaik-

NRW Kompakt“. An zwei Tagen dreht sich hier alles um neue Entwicklungen und Projekte rund um die Energieversorgung mithilfe von Sonnenlicht. Auch die Möglichkeiten, die Nanopartikel und -strukturen in der Photovoltaik bieten, sind ein elementarer Bestandteil der Vorträge und Diskussionen. Sollten Sie keine Gelegenheit haben, selbst an der Veranstaltung „Photovoltaik-NRW Kompakt“ teilzunehmen, so finden Sie alles Wissenswerte gebündelt in der nächsten Ausgabe des NanoEnergie-Newsletters.

Eine anregende Lektüre wünscht Ihnen

Prof. Dr. Christof Schulz

Wissenschaftlicher Direktor NanoEnergieTechnikZentrum

PS: Unser Newsletter ist übrigens auf Umweltpapier mit Farben auf Pflanzenölbasis gedruckt, denn wir haben die Zukunft nicht nur in der Forschung im Blick.

Impressum

HERAUSGEBER

CeNIDE

AUSGABE

04/2011

ERSCHEINUNGSWEISE

NanoEnergie erscheint 4-mal im Jahr

PROJEKTLITUNG

Dr. Alina Leson

REDAKTION

Dr. Alina Leson, CeNIDE | Dr. Martin Bruckmann, Marcellini Media GmbH

KONZEPT UND UMSETZUNG

Marcellini Media GmbH

PAPIER

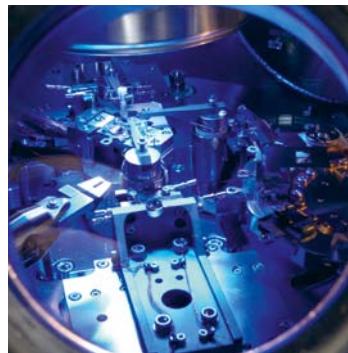
Gedruckt auf EnviroTop (aus 100 % Altpapier, klimaneutral produziert) mit Druckfarben aus nachwachsenden Rohstoffen

DRUCK

Gutenberg-Druckerei GmbH, Bottrop

KONTAKT

Dr. Alina Leson
Forsthausweg 2
47057 Duisburg
Tel.: +49 203 379-3669
Fax: +49 203 379-1895
E-Mail: news@cenide.de
www.cenide.de



Titel: Ein Blick durch das Rastertunnelmikroskop Nanoprobe/©UDE Pressestelle

Editorial

2 INFORMATIONEN IM NEUEN DESIGN

Vorwort von Prof. Dr. Christof Schulz

Kurznachrichten

4 AKTUELLES AUS DER FORSCHUNG IN KÜRZE

Politik

6 FORSCHEN FÜR DIE ZUKUNFT

NRW-Wissenschaftsministerin Svenja Schulze im Interview

Forschung & Wirtschaft

8 NANO-WASSERSTOFFSENSOR

Dr. Dieter Ostermann | ODB-Tec GmbH & Co. KG, Neuss

9 AUF ZU HÖHEREN ENERGIEDICHTEN

Susanne Dörfler, Dr. Holger Althues, Prof. Dr. Stefan Kaskel | Fraunhofer IWS, Dresden

10 VIELSEITIGE THERMOGENERATOREN

Ulrich A. F. Pfeiffer | THERM-O-TECH GmbH, St. Georgen

12 ZIEL GRENZÜBERSCHREITUNG

Prof. Dr. Franz-Josef Tegude | Universität Duisburg-Essen

13 STRUKTURIERUNG GROSSER FLÄCHEN

Nelli Hambach, Dr. Jens Holtkamp, Dr. Arnold Gillner | Fraunhofer ILT, Aachen

14 INNOVATIONSTREIBER

Klaus-Rainer Bräutigam | ITAS, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

16 NANO IM BILD

Birte Vierjahn | Center for Nanointegration (CeNIDE), Universität Duisburg-Essen

18 MIKROMECHANISCHE MODELLIERUNG

Dr. Anxin Ma, Prof. Dr. Alexander Hartmaier | ICAMS, Ruhr-Universität Bochum

Termine

19 VERANSTALTUNGEN RUND UM DIE NANOTECHNOLOGIE

BASF UND KIT GRÜNDEN BELLA

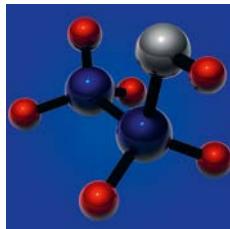
Im Gemeinschaftsforschungslabor entstehen Batteriematerialien der Zukunft

Das Institut für Technologie aus Karlsruhe (KIT) und die BASF SE haben Anfang dieses Jahres zur Entwicklung neuer Batteriematerialien das Gemeinschaftsforschungslabor BELLA (Batteries and Electrochemistry Laboratory) gegründet. Die Expertise des KIT in der Grundlagenforschung soll mit dem elektrochemischen Know-how der BASF SE im industriellen Bereich verknüpft werden. Beide Seiten versprechen sich davon eine schnellere Umsetzung der Forschungsergebnisse in marktreife Produkte für Hochenergiesysteme. Im Fokus der Zusammenarbeit steht die Erforschung neuer Batteriesysteme, die über eine hohe Speicherkapazität und eine lange Lebensdauer verfügen. Dabei ist die Sicherheit der Batteriesysteme ein weiterer zentraler Punkt. Um die gemeinsam festgelegten Ziele erreichen zu können, investieren beide Unternehmen insgesamt 12 Millionen Euro in den kommenden fünf Jahren. Besonders für die Elektromobilität und die Integration von erneuerbaren Energien in den Mix der Gesamtenergieversorgung spielen leistungsfähige Batteriesysteme eine große Rolle. Eines der ersten gemeinsamen Projekte ist die Entwicklung keramischer Ionenleiter, die in diesen Batterien eingesetzt werden können.

Quelle: Pressemitteilung KIT



Fotos: © BASF (1) / © Fotolia (2) / © CeNIDE (1)



WASSERSTOFF AUS ETHANOL UND LICHT

Jordi Llorca und sein Team vom Nanoeengineering Research Center der Universität Politecnica de Catalunya haben einen Katalysator entwickelt, mit dessen Hilfe Ethanol in UV-Licht bei moderaten Druck- und Temperaturbedingungen Wasserstoff freisetzt. Es handelt sich dabei um einen Titandioxid-Halbleiter, der bei Sonneninstrahlung Elektronen freisetzt, die von Gold-Nanopartikeln im Größenbereich von 2 bis 12 nm eingefangen werden, um dann mit Ethanol unter Wasserstoffbildung zu reagieren. Es konnten bis zu 5 Liter Wasserstoff pro kg Katalysator produziert werden.

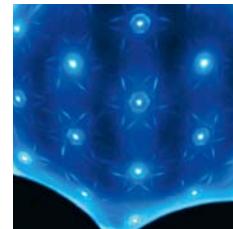
Quelle: www.sciencedaily.com



LITHIUM-IONEN-BATTERIE MIT KURZER LADEZEIT

Die Forschungsgruppe um US-Chemikerin Amy Prieto von der Colorado State University hat mithilfe der Nanotechnologie eine neue, leistungsstarke Lithium-Ionen-Batterie entwickelt. Die sogenannte 3D-Batterie zeichnet sich durch eine sehr kurze Ladezeit von 12 Minuten aus und verträgt doppelt so viele Ladezyklen wie herkömmliche Lithium-Ionen-Akkus. Als Elektrodenmaterial werden eng gepackte Nanodrähte aus Antimonid verwendet, die bis zu 200-mal so viel Lithium speichern können wie Graphit. Eine kommerzielle Version als Handyakku soll in zwei Jahren auf den Markt kommen.

Quelle: www.sciencedaily.com



NEUES GRAPHEN FÜR SUPERKONDENSATOREN

Professor Eric Stach und sein Forscherteam vom U.S. Department of Energy's Brookhaven National Laboratory und Rodney Ruoff von der University of Texas haben die Nanostruktur einer neuen Form von Kohlenstoff entdeckt. Sie saugt elektrische Ladungen wie ein Schwamm auf und kann daher zur Energiespeicherung in sogenannten Superkondensatoren eingesetzt werden. Für Kondensatoren unüblich, erreicht man damit die Energiedichte von Bleiakkus. Grund ist vermutlich die große, gebogene Oberfläche der fliesenartigen Graphenschicht mit der Wandstärke eines Atomdurchmessers.

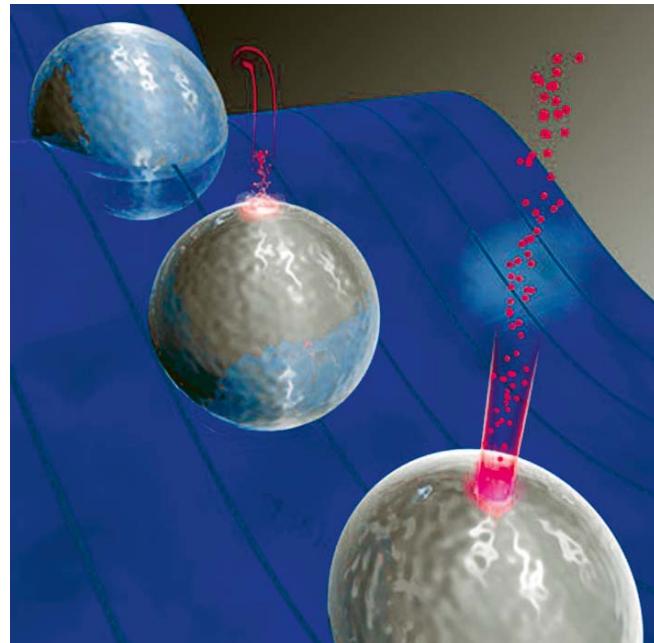
Quelle: www.sciencedaily.com

ELEKTRONEN-PING-PONG

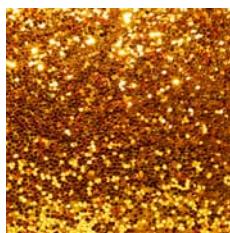
Elektronen in Nanoteilchen entwickeln Eigenleben durch Laserlicht

Am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching hat ein internationales Forscherteam erstmals beobachten und kontrollieren können, was passiert, wenn starkes Laserlicht auf Elektronen in Nanoteilchen trifft. Im Versuch ließen die Forscher hochintensive Lichtpulse von fünf Femtosekunden auf Nanokugeln aus Siliziumdioxid im Größenbereich von 100 nm treffen. Die Nanoteilchen werden ionisiert und die freigesetzten Elektronen weitaus stärker beschleunigt, als dies an einzelnen Atomen bisher beobachtet werden konnte. Grund ist der Aufbau starker elektrischer Nahfelder durch das Laserlicht in der Nähe der Nanoteilchen und die kollektive Wechselwirkung der entstandenen Ladungen. Dabei gelang es, über das elektrische Feld die genauen Bewegungen der Elektronen präzise zu steuern. Die freigesetzten Elektronen fliegen zuerst vom Nanoteilchen weg, werden dann zurückbeschleunigt und prallen von der Oberfläche des Nanoteilchens wieder elastisch ab. Dabei werden sehr hohe Energien und Beschleunigungen erreicht. Der Vorgang erinnert an einen kurzen Ballwechsel beim Tischtennis, bei dem der Ball von Schlag zu Schlag stärker beschleunigt wird.

Quelle: www.nanowerk.com



Fotos: © Christian Hackenberger, LMU (1) / © Fotolia (2) / © Milan Vanecek, Institut für Physik, Universität Prag (1)



DRUCKEN MIT GOLD-NANOPARTIKELN

Das Forscherteam um die NIM-Physiker Dr. Andrey Lutich und Prof. Jochen Feldmann hat ein einfaches Verfahren entwickelt, mit dem Nanopartikel hochpräzise auf Oberflächen positioniert werden können. Durch den Lichtdruck eines Lasers werden 80 nm kleine Goldpartikel einzeln mit einer Genauigkeit von 50 nm auf eine Oberfläche geschossen. Durch die sogenannten van der Waals-Kräfte werden sie in Position gehalten und überstehen selbst Reinigung und Trocknung. Diese Methode, so Lutich, sei auch für andere Nanomaterialien anwendbar.

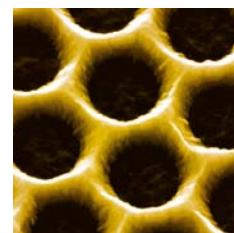
Quelle: www.nano-initiative-munich.de



GOLDENE ZEITEN FÜR SOLARZELLEN

Ein Forscherteam um Dr. Ross Hatton und Prof. Tim Jones von der Universität Warwick (Großbritannien) hat eine goldbeschichtete Glaselektrode für den Einsatz in organischen Solarzellen entwickelt. Sie ist eine Alternative zu den bisher gebräuchlichen Indium-Zinnoxid (ITO)-beschichteten Glaselektroden. ITO ist relativ instabil, dazu teuer und neigt auf flexiblen Substraten zur Rissbildung. Mit einer Dicke von nur acht Nanometern ist der Goldfilm billig, flexibel und zudem inert. Die neue Methode ist vielfältig einsetzbar, sogar direkt auf verformbaren Substraten.

Quelle: www.nanowerk.com



SOLARZELLEN IM SCHWEIZER-KÄSE-DESIGN

Physiker der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik und Entwickler der Schweizer Firma Oerlikon Solar arbeiten an einem neuen Design für eine preisgünstige Mikromorph-Solarzelle. Sie besteht aus einer mikrokristallinen und einer amorphen Schicht von Silizium, die auf eine löcherige Wabenstruktur von Zinkoxid oder ein nanostrukturiertes Substrat aus Zinkoxid-Mikroröhren aufgebracht wird. So erreichen diese Zellen bei relativ geringem Elektrodenabstand eine hohe Lichtabsorption durch die dicke, aber löcherige amorphe Siliziumoberfläche.

Quelle: www.sciencedaily.com



Fotos: © Dietmar Wadewitz (1) / © MIWF (1)

FORSCHEN FÜR DIE ZUKUNFT

NRW-Wissenschaftsministerin Svenja Schulze im Interview

CeNIDE: Welche Relevanz haben für Sie neue Forschungsansätze wie z.B. die Nanotechnologie für die Energieversorgung in Zeiten von Klimawandel und Atomausstieg?

Svenja Schulze: Neue Forschungsansätze sind wichtiger denn je. Denn die globalen Herausforderungen wie Klimawandel, Ressourcen- und Energieeffizienz und demografische Entwicklung sind der Maß-

stab für politisches und wirtschaftliches Handeln. Als modernes Industrieland tragen wir in Nordrhein-Westfalen hier eine besondere Verantwortung. Die Umsetzung von Forschungsergebnissen in Technologie, Produkte und Dienstleistungen sind dabei von entscheidender Bedeutung. Gerade bei uns in Nordrhein-Westfalen sind die Schlüsseltechnologien wie

Nanotechnologie, optische Technologien und innovative Werkstoffe enorm stark vertreten.

CeNIDE: Welche Strategie verfolgt das Ministerium, um den Forschungsschwerpunkt „Nanotechnologie und Energie“ zu fördern und die Bedeutung von NRW als herausragender Forschungsstandort auszubauen?

Schulze: Unser Fokus liegt auf der Vernetzung und Zusammenarbeit der Felder Nanotechnologien und Energie. Nur so können wir zukunftsweisende Vorhaben realisieren und Lösungen für die Herausforderungen unserer Zeit entwickeln. Die interdisziplinäre Kooperation ist gerade in der Nanotechnologie und ihrer Anwendung im Energiebereich besonders ausgeprägt. Das Land NRW setzt in seiner Netzwerk- und Clusterarbeit sowie in Technologieprojekten wichtige Akzente.

»UNSER FOKUS LIEGT AUF DER VERNETZUNG UND ZUSAMMENARBEIT DER FELDER NANOTECHNOLOGIEN UND ENERGIE.«

CeNIDE: Welche Maßnahmen werden hier konkret ergriffen?

Schulze: Ein zentraler Punkt ist zum Beispiel der Aufbau des Clustermanagements NanoMikro+ Werkstoffe.NRW, der zentral die Vernetzungsaktivitäten bündelt und die Zusammenarbeit voranbringt. Ein weiteres Instrument zur Kommunikation ist die jährliche NRW-Nanokonferenz. Sie wird in diesem Jahr zum vierten Mal stattfinden. Einer der Schwerpunkte ist das Thema „Nano in energietechnischen Anwendungen“. Ein zusätzliches gelungenes Beispiel unserer Aktivitäten in der Projektförderung ist der Aufbau des NanoEnergieTechnikZentrums NETZ. Das Vorhaben vereint den Aufbau eines Forschungs- und Entwicklungszentrums für Anwendungen in der Energietechnik an der Universität Duisburg-Essen mit ganz konkreten Forschungsprojekten eines größeren Konsortiums zu diesem Thema.

CeNIDE: Wie kann Ihrer Ansicht nach die Energiewirtschaft dazu bewegt werden, die Entwicklung neuer Technologien verstärkt zu unterstützen?

Schulze: Wissenschaft und Forschung können etwas ganz Elementares leisten: Sie können eine nachhaltige Energiewirtschaft mit neuen und besseren Technologien effi-

zienter, einfacher, umweltverträglicher und zuverlässiger machen. Damit wird neue Energietechnik wirtschaftlicher. Und dann werden die Unternehmen der Energiewirtschaft sie auch verstärkt einsetzen können.

CeNIDE: Welche gesellschaftlich relevanten Anwendungen erwarten Sie durch den Einsatz der Nanotechnologie innerhalb der Energietechnik?

Schulze: Innovation und Fortschritt leben sehr stark von den oft nicht vorhersehbaren Erkenntnissen aus Wissenschaft und Forschung. Ich gehe aber schon davon aus, dass sich viele neue Technologiezweige, beispielsweise Thermoelektrik, organische Elektronik, neuartige Beleuchtung und Photovoltaik sehr gut entwickeln können. Auch sehr viele kleine und fast unsichtbare Produktverbesserungen spielen eine wesentliche Rolle, etwa im Bereich der Effizienzsteigerung oder bei der Energiespeicherung in Batterien.

CeNIDE: Forschung ist vor allem eine Sache fähiger und engagierter Köpfe. Welche Rolle spielt für Sie die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses?

Schulze: Die jungen Menschen sind unsere Zukunft. Deshalb ist es so wichtig, dass wir Bildung wieder in den Mittelpunkt der Politik stellen. Der wissenschaftliche Nachwuchs liegt mir besonders am Herzen. Wir bauen unsere Anstrengungen, mehr Schülerinnen und Schüler für die Universitäten und Fachhochschulen zu begeistern und sie auch für Naturwissenschaften zu interessieren, weiter aus.

»DER WISSENSCHAFTLICHE NACHWUCHS LIEGT MIR BESONDERS AM HERZEN.«

CeNIDE: Gibt es konkrete Beispiele für Maßnahmen, mit denen Schüler für Naturwissenschaften begeistert werden können?

Schulze: Unsere Initiative „Zukunft durch Innovation“ (zdi) ist ein besonders gelungenes Beispiel. In mehr als 30 zdi-Zentren, die von regionalen Verbünden getragen werden, haben bis heute rund 40.000 Schülerinnen und Schüler spie-

risch Technik und Naturwissenschaften kennengelernt, gemeinsam gearbeitet und experimentiert. Hier arbeiten Schulen, Hochschulen und Partner vor Ort ganz eng mit uns zusammen. Wir haben zusätzlich in einem Wettbewerb den Auf- und Ausbau von Schülerlaboren an Hochschu-

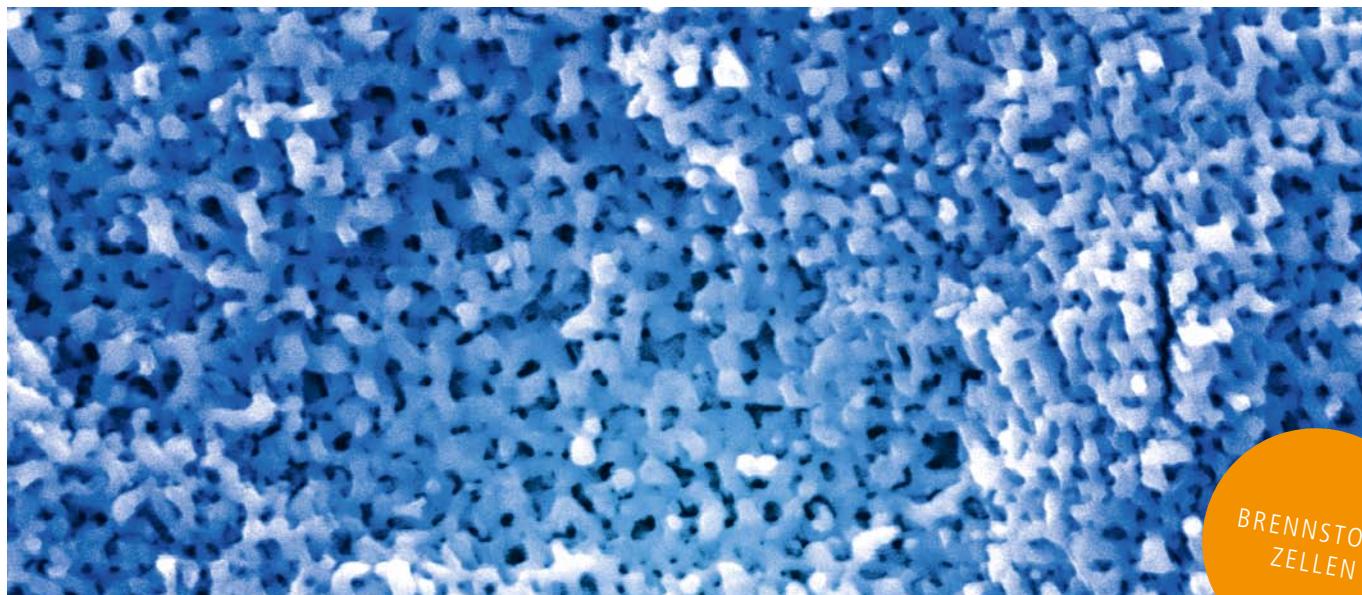


Eröffnung des zdi-Schülerlabors im Cebitec

len gefördert. Heute haben wir bereits 16 solcher Schülerlabore – an der Universität Duisburg-Essen sogar eines, das Schülerinnen und Schüler speziell in die Forschung in der Nanotechnologie einführt. Zusammen mit Universitäten, dem Schulministerium und der Bezirksregierung Düsseldorf wird aus der Arbeit im Schülerlabor heraus sogar ein Projektkurs für die Sekundarstufe II entwickelt. Das heißt: Die Schülerinnen und Schüler bekommen die Möglichkeit, sich in der Schule und an der Hochschule in ein Thema aus der Nanotechnologie einzuarbeiten. Diese Leistung fließt mit ins Abiturzeugnis ein.

CeNIDE: Wie sehen Sie die Notwendigkeit zu gesellschaftlichem Dialog, was die Spitzforschung und Hochtechnologie einerseits und die Vorbehalte gegenüber möglichen Nebenwirkungen andererseits betrifft?

Schulze: Es ist ganz wichtig, dass wir diesen gesellschaftlichen Dialog führen, damit wir die Menschen mitnehmen auf dem gemeinsamen Weg. Ohne diese Technologien werden wir schließlich keine Antworten auf die Herausforderungen der Zukunft finden, und ohne eine frühzeitige Technologiediskussion werden diese Antworten keine ausreichende Akzeptanz finden. Dabei müssen wir auch über ungelöste Fragestellungen und mögliche Risiken ganz offen sprechen.

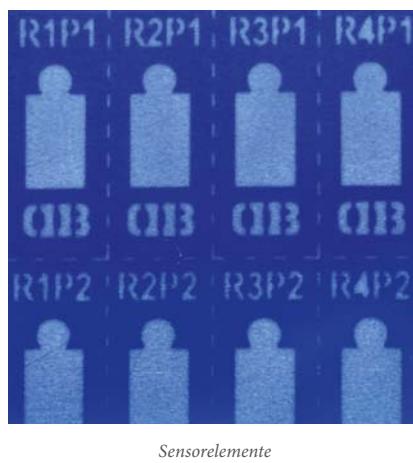


NANO-WASSERSTOFFSENSOR

Kostengünstiger Hochleistungssensor für Brennstoffzellen

Wasserstoff ist eine der umweltfreundlichsten Energiequellen der Zukunft mit sehr guten Wachstumsaussichten. Damit wird auch der Bedarf an damit verbundenen Technologien entsprechend steigen. Ob Brennstoffzellen für Autos, Blockheizkraftwerke oder sogenannte Wasserstoff-Häuser eingesetzt werden: Kostengünstige WasserstoffSENSoren mit einer schnellen Ansprechzeit sind notwendig, um dem Sicherheitsbedürfnis der Endkunden gerecht zu werden. Die Nanotechnologie ermöglicht den entscheidenden Produktionsprozess dazu.

Gängige Sensoren sind bisher aufgrund ihrer hohen Kosten, der langen Ansprechzeiten und des notwendigen Hochtemperaturbetriebs auf den Einsatz im industriellen Umfeld beschränkt. Die ODB-Tec GmbH & Co. KG in Neuss entwickelt zusammen mit der Heinrich-Heine-Universität in Düsseldorf WasserstoffSENSoren, die auch bei Raumtemperatur einsetzbar sind und einfach und kostengünstig hergestellt werden können. Gleichzeitig ist die Ansprechzeit sehr klein, die Empfindlichkeit gegenüber Wasserstoff sehr hoch und auch größere Schwankungen der



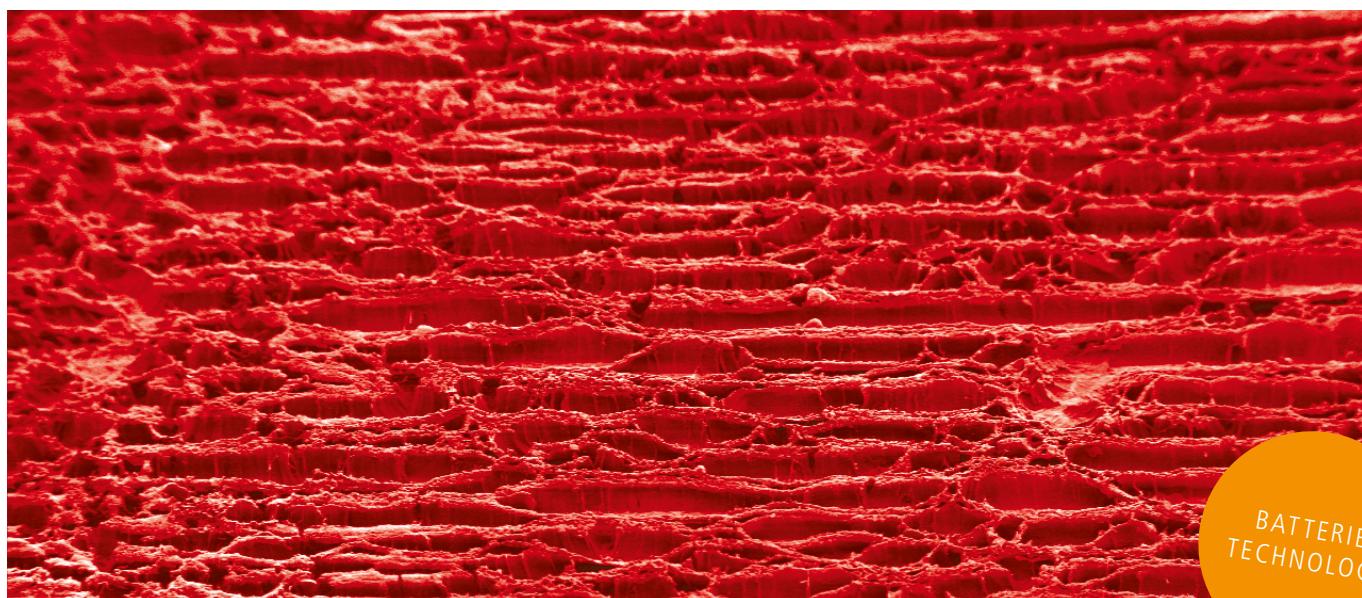
relativen Feuchte machen den Sensoren nichts aus.

Ein einzelnes dieser Sensorelemente besteht aus einer dünnen, mehrere Quadrat-millimeter großen Titanfläche. Auf dieser Schicht wird elektrochemisch mit einem nanotechnologischen Verfahren aus einer Titanverbindung in konzentrierter Schwefelsäure eine nanoporöse, schwammartige Titanoxidschicht erzeugt, in der der ein-diffundierte Wasserstoff eine maximale Oberfläche zur Wechselwirkung findet. Auf der Titanoxidschicht wird dann eine

zweite Schicht aus porösem Platin aufgebracht. Diese Anordnung aus Titan, Titanoxid und Platin bildet eine Schottky-Diode mit einem sperrenden und einem leitenden Kennlinienbereich, je nach Polarität der angelegten Spannung. Bei Einwirkung von Wasserstoff verändert sich die Kennlinie reversibel, es werden elektrische Spannungen und Ströme generiert, selbst wenn keine äußere Spannung angelegt wird. Die Stärke des Sensorsignals hängt vom Wasserstoffgehalt der umgebenden Luft ab, wodurch über eine einfache Auswert-Elektronik die Detektion und Konzentrationsmessung ermöglicht wird.

Neben der Schottky-Diode sind lediglich eine Steuerungselektronik und eine Energieversorgung, z.B. mittels einer marktüblichen 9V-Batterie, notwendig. Somit kann der Wasserstoffsensor ähnlich wie gängige Rauchmelder hergestellt und eingesetzt werden. Es wurden bereits Vorserien gebaut, die den Anforderungskatalogen und Spezifikationen im Automobil-Sektor entsprechen.

**Dr. Dieter Ostermann,
ODB-Tec GmbH & Co. KG, Neuss**



BATTERIE-
TECHNOLOGIE

AUF ZU HÖHEREN ENERGIEDICHTEN

Kohlenstoffnanoröhren als Material für die Energietechnik

Elektrische Energieumwandlung und -speicherung sind Schlüsseltechnologien der heutigen Zeit. Um deutliche Leistungssteigerungen bestehender Systeme zu erreichen, ist Forschung im Bereich der Elektrodenmaterialien notwendig. Ein Material, das aufgrund seiner herausragenden Eigenschaften Hoffnungen auf eine signifikante Weiterentwicklung weckt, sind die Kohlenstoffnanoröhren (CNT). Sie kombinieren eine hohe elektrische Leitfähigkeit mit einer hohen zugänglichen Oberfläche und zeichnen sich zusätzlich durch ihr extrem hohes Verhältnis von Durchmesser zu Länge von bis zu 1:106 aus. Ziele der Forschung, um dieses Material für Anwendungen in der Energietechnik nutzbar zu machen, sind die Entwicklung von skalierbaren Herstellungsverfahren und die Immobilisierung auf leitfähigen Metallsubstraten.

Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS) in Dresden haben ein Verfahren entwickelt, mit dem sich vertikal ausgerichtete CNT direkt auf Metallsubstraten (Aluminium, Nickel, Edelstahl) aufwachsen lassen. In einem ersten Schritt wird dabei eine weinige Nanometer dicke Katalysatorschicht



Metallfolie mit CNT-Beschichtung

auf Metallfolien aufgebracht. Für das anschließende CNT-Wachstum wird die chemische Gasphasenabscheidung bei Atmosphärendruck eingesetzt. Diese Verfahren sind leicht skalierbar und kostengünstig. In der Versuchsanlage am IWS ist derzeit die homogene Beschichtung von Substraten bis zu einer Fläche von 70 mm x 400 mm möglich. Die CNT wachsen bis zu einer Länge von 200 µm, sind mit einem gerin- gen Kontaktwiderstand an das leitfähige Substrat gebunden und bilden somit eine hochleitfähige Schicht mit einer großen, porösen, zugänglichen Oberfläche.

In aktuellen EU-Projekten werden die Materialien gemeinsam mit verschiedenen Forschungspartnern für die Anwendung in Doppelschichtkondensatoren (EU-Projekt: N2P) und in Niedertemperaturbrennstoffzellen (Projekt: Enercoat im Rahmen des ECEMP – European Centre for Emerging Materials and Processes Dresden) weiterentwickelt und untersucht. Im BMBF-Projekt AlkaSuSi mit den Partnern Fraunhofer ICT und CAU Kiel werden CNT-basierte Kathoden in Lithium-Schwefelbatterien eingesetzt. Derzeit werden damit Kapazitäten von über 600 mAh/g erreicht, was deutlich erhöhte Energiedichten im Vergleich zu herkömmlichen Lithium-Ionen-Batterien ermöglicht. Die aktuellen Ergebnisse sind ein wegweisender Schritt in Richtung der industriellen Nutzung. Kohlenstoffnanoröhren haben somit eine ausgezeichnete Perspektive, in der Energietechnik sehr gewinnbringend eingesetzt zu werden.

Susanne Dörfler, Dr. Holger Althues, Prof. Dr. Stefan Kaskel, Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS), Dresden



VIELSEITIGE THERMOGENERATOREN

Anwendungen und Perspektiven mit Nano-Silizium-Technik

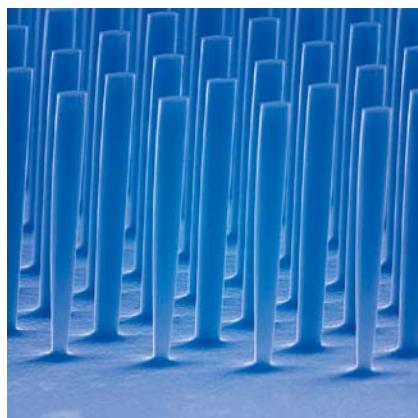
Leistungsfähige Thermogeneratoren (TG) können mithilfe der Nanotechnologie in Zukunft die Funktion von Lithium-Batterien, Knopfzellen oder kleinen Akkus übernehmen. Die notwendige elektrische Energie liefern sie durch eine vorhandene Temperaturdifferenz unabhängig von Licht und Bewegung. Ein Standardprodukt ist die TG-Knopfzelle: Integriert

man den Sensor nach entsprechender Optimierung des Wärmedurchflusses in ein geeignetes Knopfzellengehäuse, benötigen die damit betriebenen Geräte keinen Batteriewechsel mehr. Der Knopfzellendeckel entspricht dabei dem Pluspol und dient gleichzeitig als Kühlfläche zur Abgabe des Wärmeflusses. Die Unterseite der Knopfzelle ist der Minuspol und

gleichzeitig der Wärmespeicher zur Zuführung an den Sensor.

Nachteil der konventionellen Thermogeneratoren ist, dass die Standardthermoelektrika Bismuttellurid und Bleitellurid selten, teuer und toxisch sind. Deshalb wird intensiv nach Alternativen geforscht, die eine hohe elektrische, aber eine niedrige

thermische Leitfähigkeit haben, damit sich der notwendige Temperaturunterschied nicht zu schnell wieder ausgleicht. Eine Lösung kann Silizium sein: Der Rohstoff Siliziumdioxid ist buchstäblich so häufig vertreten wie Sand am Meer und ist umweltfreundlich. Zudem ist der Betrieb bei höheren Temperaturen möglich, was dem Wirkungsgrad zugutekommt. Leider ist die thermische Leitfähigkeit von Silizium relativ hoch, weshalb die Forschung an diesem Punkt ansetzt. Ein Lösungsweg ist die Oberflächenstrukturierung von Silizium zu dichtgepackten Ensembles von Silizium-Nanosäulen. Je geringer der Durchmesser der Siliziumsäule ist, desto geringer ist auch die thermische Leitfähigkeit. Dabei sollten die Zwischenräume möglichst klein gehalten werden, um eine möglichst dichte Packung und damit Leistung zu ermöglichen. Eine Möglichkeit der Herstellung ist das Trockenätzen von kommerziell verfügbaren Silizium-Wafern mit anschließender Vergrößerung des Säulendurchmessers durch thermische Oxidation und nachfolgendem Ätzen mit Fluorwasserstoff*. Durch das Trockenätzen wurden Silizium-Säulen mit einem Durchmesser von bis zu 400 nm Durchmesser und einer Höhe von bis zu 7 μm hergestellt. Die Silizium-Säulen sind im Gegensatz zu „black silicon“ gleichmäßig geformt und regelmäßig angeordnet. Das ermöglicht das Aufbringen von Metallisierungsschichten durch Drucksintern. Eine weitere Verringerung des Säulendurchmessers bis zu 170 nm erreicht man



Silizium-Säulen-Array nach dem Trockenätzen

durch nachfolgende mehrfache Oxidation und durch die Entfernung des Siliziumdioxids mit Fluorwasserstoff. Perspektive ist der Einsatz in Nano-Thermogeneratoren.

Ein kleiner Siliziumchip von knapp 4 mm x 4 mm mit ca. 1.600 Thermoelementen kann bereits elektrische Geräte mit Energie versorgen. Die notwendigen Temperaturunterschiede können zum Beispiel durch Körperwärme in Umgebungsluft

EIN KLEINER SILIZIUMCHIP VON KNAPP 4 MM x 4 MM MIT CA. 1.600 THERMO-ELEMENTEN KANN BEREITS ELEKTRISCHE GERÄTE MIT ENERGIE VERSORGEN.

entstehen oder durch die Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur von Häusern. Es ist aber auch möglich, durch zwangsläufige Zufuhr von Wärme den Sensor zur Stromerzeugung zu bringen. Bei 3°C Temperaturdifferenz können bereits 1,5 Volt Spannung erzeugt werden. Ist die Temperaturdifferenz wesentlich höher, so können auch Ströme mit einer Stromstärke von über 1 mA fließen. Zukünftige Nano-Thermogeneratoren können direkt zur Energieumwandlung von Abwärme in Strom eingesetzt werden, zum Beispiel zur Energierückgewinnung bei Kraftfahrzeugen. Weitere Beispiele für Anwendungsbereiche, in denen Temperaturunterschiede gegeben sind, sind die Armbanduhr mit TG-Sensor statt Batterie, der elektronische Heizkostenverteiler, Wasserzähler oder andere Messgeräte für den Wohn- oder Industriebereich. Mit Funksender ausgestattet, ist auch eine Fernauslesung der Messwerte möglich.

Weitere Anwendungen sind zum Beispiel medizinische Messgeräte am menschlichen Körper zur Messung von Herzfrequenz, Blutdruck, Sauerstoffsättigung und Atemfrequenz sowie die Stromversorgung von Headsets und Hörgeräten. Ein wichtiger Anwendungsbereich ist der Einsatz in Sensoren für Alarmsysteme zur Einbruchssicherung an Fenstern und Türen. Damit entfallen lästige Kabel, ständige Batteriewechsel, und die Systeme sind ohne Unterbrechung aktiv.

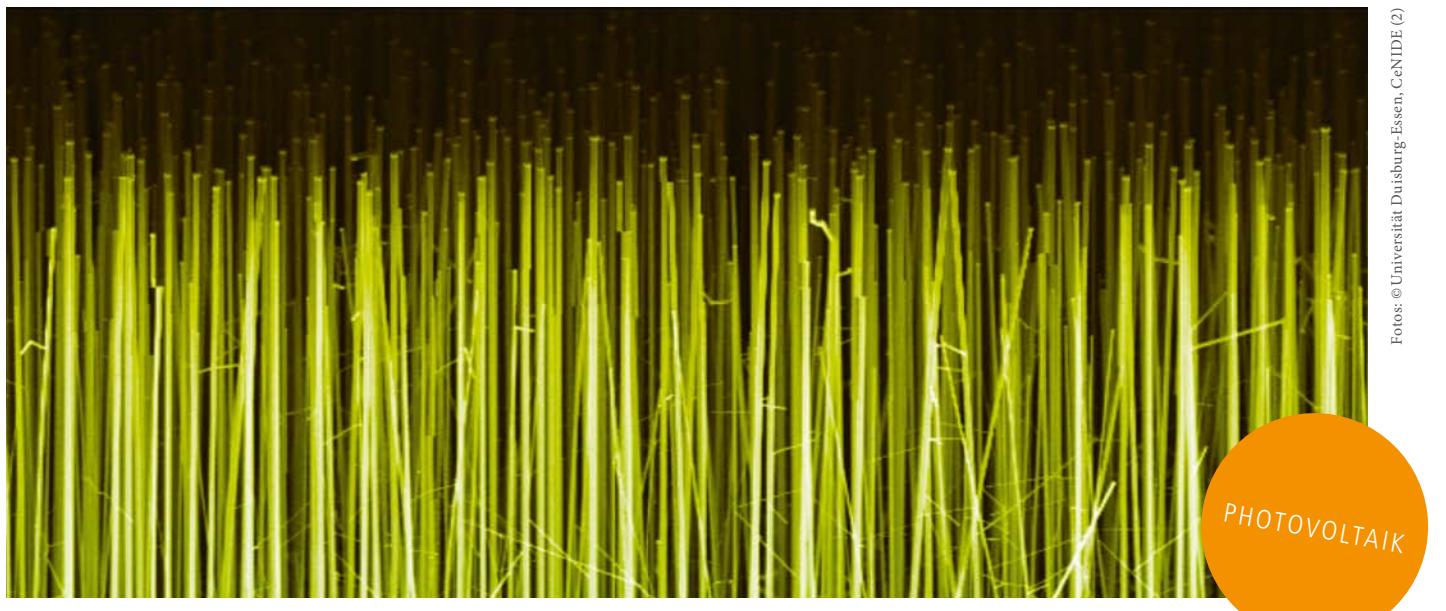
Eine Schlüsselstelle für die Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Nano-Thermogenerators ist derzeit noch die Forschung auf dem Gebiet des hochleitfähigen Siliziums, um durch weitere Fortschritte mithilfe der Nanotechnologie den Einsatz von günstigen Thermogeneratoren für die oben beschriebenen Anwendungen zu ermöglichen. In Zusammenarbeit der THERM-O-TECH GmbH mit Prof. Dr. Erwin Peiner von der TU Braunschweig ist z. B. eine erste Anwendung für ein Automatisches Temperatur-Erfassungsgerät (ATEG) in der Entwicklung.



Thermoelemente auf einem Silizium-Chip

Leistung und Ausführung von kommerziell eingesetzten Thermogeneratoren hängen stark von der Anwendung ab und sollten mit jedem Anwender zur Optimierung besprochen werden. Als Bindeglied zwischen der Forschung und dem Einsatz beim Anwender fungieren auf diesen Einsatzzweck hin spezialisierte, anwendungsorientierte Unternehmen. Sie bieten Bedarfsanalysen, Machbarkeitsstudien, Projektmanagement und Auftragsforschung an und begleiten auf Wunsch auch die Produktion energieauftaktiger Systeme.

* Literatur: A. Stranz, Ü. Sökmen, J. Kähler, E. Peiner, A. Waag: Messung von thermoelektrischen Eigenschaften von Silizium-basierten Nanosäulen, Mikro-Nano-Integration, Paper 26, 3.-4. März 2010, Erfurt

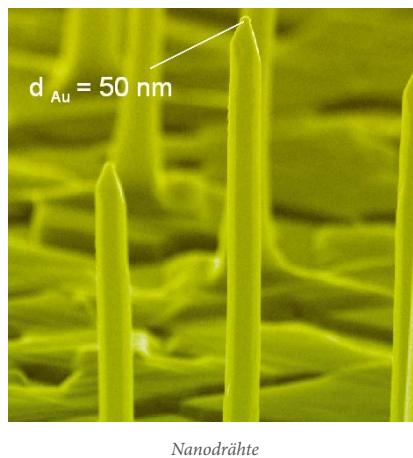


ZIEL GRENZÜBERSCHREITUNG

Effiziente Solarzellen durch Rasen aus koaxialen Nanodrähten

Diese Thematik ist Kern eines auf drei Jahre angelegten BMBF-Projektes, an dem die Fakultät Elektrotechnik der Universität Duisburg-Essen zusammen mit Partnern der Technischen Universität Berlin, der Humboldt-Universität Berlin, der Technischen Universität Ilmenau, dem Helmholtz-Zentrum für Materialien und Energie, Berlin, und der Firma Azur Space Solar Power GmbH, Heilbronn, arbeitet. Das Ziel des Vorhabens ist der experimentell und theoretisch untermauerte Nachweis, dass mit besonderen Nanosystemen die sogenannte Shockley-Queisser-Grenze überschritten werden kann. Diese Grenze markiert die maximal erreichbare Effizienz von einzelnen Solarzellen.

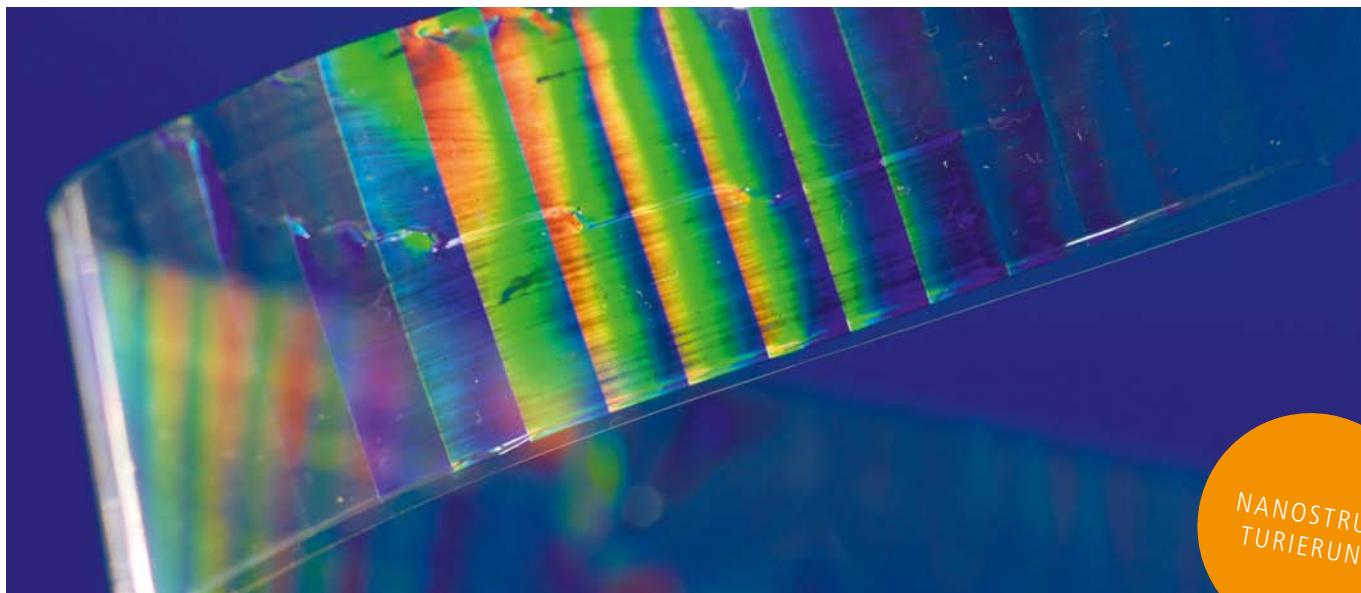
Hochleistungssolarzellen mit Konzentratorspiegeln haben schon heute an geeigneten Standorten das Potenzial, Strom mit deutlich geringeren Kosten als mit konventionellen Photovoltaik-Modulen zu erzeugen. Die Forschung für hocheffiziente Solarzellen der nächsten Generation hat im Wesentlichen zwei Zielrichtungen: Kostenreduktion und Steigerung der Effizienz.



Kernelement bei dem verfolgten Ansatz ist der Nanodraht aus III-V-Halbleitermaterial wie Gallium-Arsenid (GaAs) oder Indium-Phosphid (InP). Die Herstellung erfolgt mittels eines katalytisch gesteuerten Wachstumsmechanismus. Ein Goldtropfen bildet den Katalysator-Keim, wobei die Größe dieses Goldtropfens den Durchmesser des Nanodrahtes festlegt. Durch spezifische Wahl der Prozessparameter kann um den Draht als Kern auch eine Hülle aus anderem Halbleitermaterial abgeschieden werden, so dass ein koaxialer Nanodraht entsteht.

Durch die beliebige Mischung der beiden binären Halbleiter GaAs und InP kann das Absorbermaterial für die optimale Absorption des Sonnenlichts maßgeschneidert werden. Dies ist für einen Epitaxieprozess, der für eine hohe kristalline Halbleiterqualität wichtig ist, völlig ungewöhnlich, weil bei der Abscheidung von Schichten eine nahezu perfekte Passung zwischen Substrat- und Schichtgitter notwendig ist. Der flächenmäßig kleine „Fußabdruck“ des Nanodrahtes auf dem Substrat hebt diesen Zwang auf. Die Lichtabsorption erfolgt in Drahtrichtung und daher mit großer Länge, der Ladungstransport jedoch senkrecht zum Draht und somit auf sehr kurzen Wegen. Beide Aspekte steigern die Effizienz und rücken die Überschreitung der Shockley-Queisser-Grenze in greifbare Nähe. Die Abscheidung auf kostengünstigen Substraten mit hoher Abscheiderate und die hohe Effizienz bei der Deposition der Quellmaterialien verbessern dazu die Kostenbilanz.

**Prof. Dr. Franz-Josef Tegude,
Zentrum für Halbleitertechnik
und Optoelektronik,
Universität Duisburg-Essen**



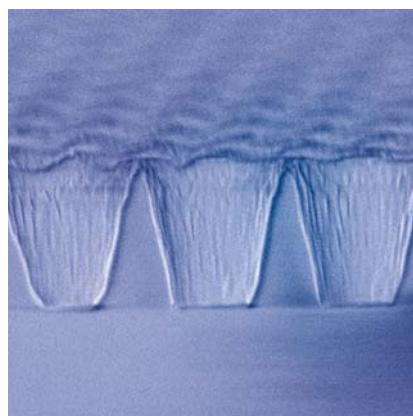
NANOSTRUK-
TURIERUNG

STRUKTURIERUNG GROSSER FLÄCHEN

Oberflächenbearbeitung mit Laser- und Prägetechnik im Mikro- und Nanobereich

Mikro- und nanostrukturierte Oberflächen weisen nicht erst seit der Entdeckung des Lotuseffektes ein hohes technisches und ökonomisches Potenzial auf. Nanostrukturiertes Glas und nanostrukturierte transparente Folien z.B. können die Absorptionsfähigkeit von Solarzellen erhöhen, während nanostrukturierte Metallfolien als Kathodenmaterial in der Batterietechnik zum Einsatz kommen. Die minimalen Strukturgrößen, die mittels herkömmlicher direkt strukturierender Laserverfahren erzeugt werden können, liegen im Bereich mehrerer Mikrometer. Nanofunktionale Oberflächen erfordern jedoch vielfach Strukturgrößen unter einem Mikrometer.

Zur Erzeugung von Mikro- und Nanostrukturen im Bereich von 200 Nanometern bis zu einigen Mikrometern wurde eine modifizierte Dreistrahlerinterferenz-Technik entwickelt, die eine Strukturierung auch auf großen Flächen ermöglicht. Als Strahlenquelle wird ein frequenzverdreibfachter Nd:YAG-Laser eingesetzt. Dabei wird der Laserstrahl in drei kohärente Teilstrahlen aufgeteilt, diese werden räumlich angeordnet und unter einem vorgewählten Winkel



Nanostruktur in Glas

überlagert. Durch Variation des Winkels werden die Polarisationsrichtungen der einzelnen Strahlen zueinander verändert. Damit können unterschiedliche Intensitätsverteilungen und somit unterschiedliche Mikro- und Nanostrukturen erzeugt werden, z. B. in Polymer-Materialien oder in unterschiedlichen Photolacken.

Um periodische Nanostrukturen im Mikrometerbereich auch in Materialien wie Glas zu erzeugen, die sich mit Laserstrahlung nur schwer bearbeiten lassen, bedient man sich einer modifizierten Verfahrens-

technik. So wird auf die zu bearbeitende Glasoberfläche eine dünne Polymerschicht aufgebracht, die mittels Laserstrahlung strukturiert wird. Mit einem anschließenden reaktiven Ionenstrahl-Ätzen wird diese Struktur in das Glas übertragen. Diese Technik erlaubt die Erzeugung von Strukturgrößen bis zu einem minimalen Durchmesser von 200 Nanometern.

Eine kostengünstige Methode für die Erzeugung flächiger Nanostrukturen ist die Replikation durch laserunterstütztes Walzprägen. Die Werkzeuge mit den abzuformenden Strukturen werden durch ultrakurz gepulste Laser strukturiert. Durch Heißprägen können die Strukturen dann in die gewünschten Kunststoff- oder Metallfolien eingebracht werden, wobei das notwendige Aufheizen partiell und effizient durch die Laserstrahlung erfolgt. Dadurch können Strukturen im Bereich von 30 Mikrometern bis zu 300 Nanometern vollständig abgeformt werden.

**Nelli Hambach, Dr. Jens Holtkamp,
Dr. Arnold Gillner, Fraunhofer-Institut
für Lasertechnik (ILT), Aachen**



Fotos: © Wirtschaftsförderung metropolregion (1) / © CeNIDE (2)

INNOVATIONSTREIBER

Wissens- und Technologietransfer – das Projekt InnoMat

Erfolgreiche Innovation hängt entscheidend von der effektiven Zusammenarbeit zwischen Forschungssystem, Industrie und Anwendern ab. Dem deutschen Innovationssystem wird oft vorgeworfen, dass Spitzenleistungen in der Forschung nicht konsequent und schnell genug in neue Produkte umgesetzt werden. Die Entwicklung und Anwendung neuer Werkstoffe ist bei-

spielhaft dafür, dass Transferprozesse außerordentlich langwierig und komplex sind. Es gibt dennoch gute Beispiele für erfolgreiche neue Produkte und Systeme, die erst durch bahnbrechende Entwicklungen in der Materialforschung ermöglicht wurden. Der aktuelle Stand der Forschung zur Analyse dieser Innovations- und Transferprozesse bietet kaum empirische Studien, die auf der

Ebene konkreten Forschungs- und Entwicklungshandelns ansetzen und die Ergebnisse dieser Analysen mit Erkenntnissen der Wissenssoziologie, Innovationsforschung und Technikfolgenabschätzung verknüpfen. In dem von der Helmholtz-Gemeinschaft e.V. aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds geförderten Projekt „Wissens- und Technologietransfer in der Materialforschung –

Merkmale und Bedingungen erfolgreicher Produktinnovation (InnoMat)“ wurde daher eine empirische Analyse des Wissens- und Technologietransfers (WTT) aus staatlich finanzierten Forschungseinrichtungen in die industrielle Anwendung durchgeführt. Fallbeispiele sind neun konkrete Materialforschungsprojekte aus drei Typen von Forschungsorganisationen (Fraunhofer-Instituten, Technischen Universitäten sowie der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren).



An der Universität Duisburg-Essen findet in vielen Projekten Materialforschung statt.

Für das Forschungsvorhaben InnoMat wurde ein dialogischer Forschungsprozess gewählt, in dem die Partizipation der Forschungspartner aus der Materialforschung von besonderer Bedeutung war: Sie sollten nicht nur „Beforschte“ sein und Daten liefern, sondern aktiv am Forschungsprozess beteiligt werden. Das Forschungsdesign bestand daher aus Interviews mit Vertretern der einzelnen Forschungsprojekte, Experteninterviews sowie aus mehreren gemeinsamen Workshops. Aus der Analyse der relevanten Literatur, verbunden mit der Auswertung der Interviews, der Expertengespräche sowie der Workshops, lassen sich Empfehlungen für unterschiedliche Aspekte des WTT ableiten, von denen einige im Folgenden wiedergegeben werden:

Forscherteams: Die Anreizstrukturen in der öffentlichen Forschung stellen WTT nicht in den Mittelpunkt der eingeforderten Leistung. Zentrale Kriterien sind vielmehr die Einwerbung von Projektmitteln, Ausbildungsleistungen oder wissenschaftliche Profilbildung. WTT-Projekte sind in ihrem Design und ihren Zielen diesen

Kriterien oft nachgeordnet. Daraus resultiert die Anforderung an die Materialforschungsteams, WTT-Aktivitäten professionell zu managen und langfristig zu planen, sich frühzeitig über die individuellen Ziele jedes Akteurs auszutauschen und auf gemeinsame Ziele zu verständigen.

Forschungspolitik: Neue Werkstoffe sind ein sektorenübergreifendes Forschungs- und Innovationsfeld. Der Innovationsprozess neuer Werkstoffe baut auf technologischem Wissen aus vielen unterschiedlichen Disziplinen auf. Daraus resultieren die Bedeutung der interdisziplinären Zusammenarbeit und des Managements von interdisziplinär zusammengesetzten Teams sowie die stärkere Integration von ökonomischen Fragestellungen in die Ausbildung von Werkstoffwissenschaftlern.

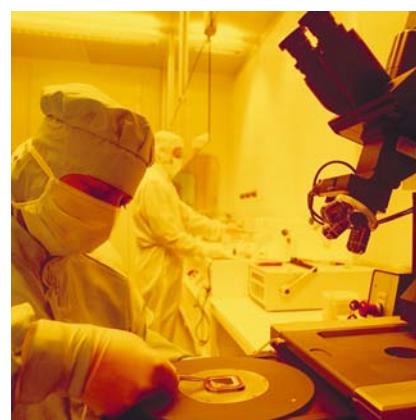
Forschungseinrichtungen: Forscherteams verfolgen oft längerfristige Entwicklungslinien, die sie mit aktuellen Projektkontellationen und -gelegenheiten abgleichen. Diese wechselseitige Anpassung wird durch individuelle Präferenzen wie auch institutionelle Erwartungen mitgestaltet. In vielen Einrichtungen laufen mehrere thematisch nahestehende Forschungs- und Entwicklungsvorhaben und WTT-Projekte parallel, zudem sind auch projektintern Forschungs- und Entwicklungs-Module und WTT-Elemente oft nur schwer abgrenzbar. Diese z.T. nur wenig aufeinander bezogenen, aber durch die Schlüsselpersonen der Materialforschungsteams und deren Kompetenzen verknüpften Projekte versprechen einerseits thematische Synergien, hinreichende Flexibilität beim

Aufgreifen neuer Herausforderungen und den Erhalt eines erfahrenen Projektkern-teams. Andererseits erscheinen sie immer wieder auch als zu wenig aufeinander abgestimmt und erfordern so mindestens deren regelmäßige Überprüfung durch Schlüsselpersonen und Leitungsebene der

NEUE WERKSTOFFE SIND EIN SEKTORENÜBER- GREIFENDES FORSCHUNGS- UND INNOVATIONSFELD.

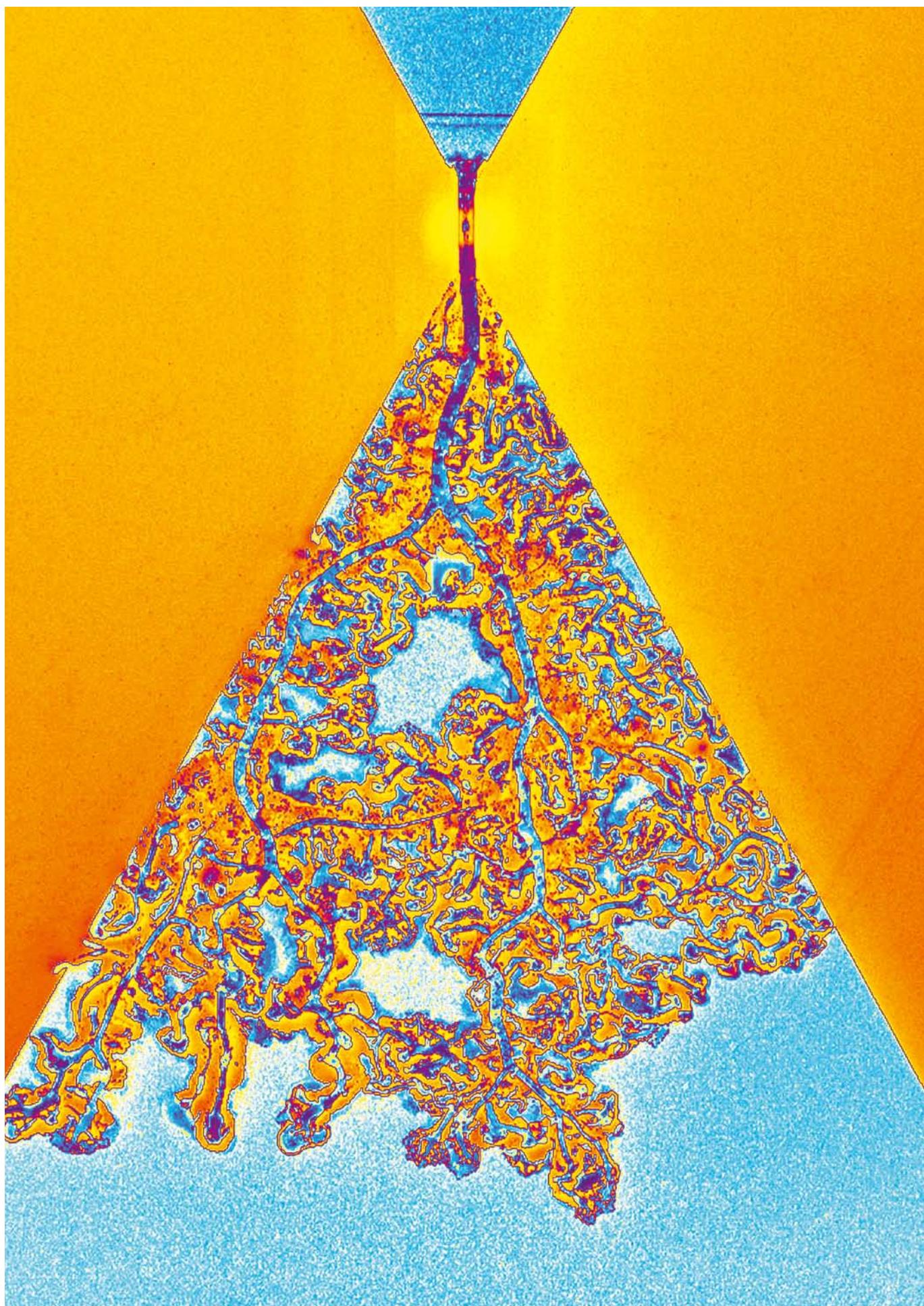
jeweiligen Materialforschungsgruppe. WTT verknüpft grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung miteinander. Dies hat Konsequenzen für die Wissensbestände, die in derartigen Vorhaben zum Einsatz kommen: Der Transfer von Wissen führt zur partiellen wissenschaftlichen „Entwertung“ dieses Wissens des jeweiligen Forschungsteams, da anwendungsrelevantes Wissen an Dritte weitergereicht werden muss. Um den Verlust dieser vormals exklusiven Wissensbestände bei den Materialforschern zu kompensieren, benötigt die daraus resultierende Akquisition neuer Transfervorhaben wiederum „neues“ Wissen, für dessen Aufbau Ressourcen (insbesondere Zeit und Personalmittel) freigemacht werden müssen. Die Forscher müssen daher in Transfervorhaben auch immer versuchen, neues Wissen zu generieren. Allerdings werden diese Möglichkeiten durch eine zu restriktive Projekt- und Transferorientierung der Forschungspraxis stark eingeschränkt.

Eine ausführliche Darstellung des InnoMat-Projekts findet sich in „Bräutigam, Gerybadze (Hrsg.) – Wissens- und Technologietransfer als Innovationstreiber – Mit Beispielen aus der Materialforschung“, erschienen im April 2011 im Springer-Verlag.



Im Reinraum: Probeneinbau vor der Belichtung

**Klaus-Rainer Bräutigam,
Institut für Technikfolgenabschätzung
und Systemanalyse (ITAS)
Karlsruher Institut für Technologie
(KIT), Karlsruhe**



NANO IM BILD

Ausstellung in New York zeigt Fotos einer anderen Welt

NANOART

Es ist nicht auf den ersten Blick als Bild aus dem Nanokosmos zu erkennen, doch zeigt das Foto mit dem bunten Kirchenfenster der Duisburger St. Ludger-Kirche, dass Nanopartikel schon seit langem verwendet werden. Nanoskaliges Silber, Gold und Kupfer verleihen hier dem Fenster seine leuchtenden Farben; tatsächlich nutzte man diese Technik bereits im Mittelalter. Neben dem religiösen Motiv hängt ein rasterelektronen-



Das Fenster der Duisburger St. Ludger-Kirche verdankt seine Farben nanoskaligem Gold (rot), Silber (gelb) und Kupfer (blau).

mikroskopisches Bild eines Nanodrahts aus Silber. Die Gegensätze könnten größer kaum sein, und doch besteht ein Zusammenhang: Alle Fotos der Ausstellung „NanoVation New York – Discovering the Invisible Frontier“ im Deutschen Haus bieten Einblicke in die faszinierende Welt kleinster Dimensionen.

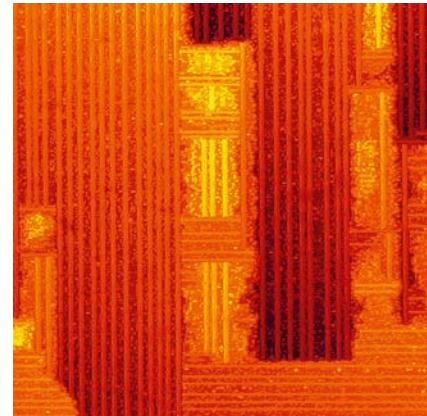
Mehr als die Hälfte der 50 großformatigen Fotos stammen aus den High-Tech-Laboren des Center for Nanointegration der Universität Duisburg-Essen (CeNIDE). Es hat die Ausstellung zusammen mit dem German Center for Research and Innovation und ConRuhr, dem Verbindungsbüro der drei Ruhrgebietsuniversitäten, organisiert. Weitere Fotos stammen von

der Nanosystems Initiative Munich, der Universitätsallianz Metropole Ruhr und der Max-Planck-Gesellschaft. Zur Ausstellungseröffnung am 13. April diskutierten deutsche und amerikanische Experten über das Potenzial der Nanotechnologie. Die Podiumsdiskussion – moderiert von Prof. Rolf Kinne (emeritierter Direktor des Max-Planck-Instituts Dortmund) – führten Vincent Caprio (New York NanoBusiness Alliance), Prof. Axel Lörke (CeNIDE), Prof. Cherie Kagan (University of Pennsylvania) und Prof. Stefan Strauf (Stevens Institute of Technology).

Prof. Axel Lörke ist bei der Eröffnungsfeier sichtlich angetan von der Wirkung der Bilder: „Mit dieser Ausstellung gelingt es uns, die Vielfalt der Nanowissenschaften erfahrbar zu machen. Wie Fotos aus dem Weltall sind auch diese Bilder aus dem Mikrokosmos für Wissenschaftler und Laien gleichermaßen faszinierend.“ Denn in der Ausstellung treffen Kunst und Wissenschaft aufeinander. Impressionen aus

»WIE FOTOS AUS DEM WELTALL SIND AUCH DIESE BILDER AUS DEM MIKROKOSMOS FÜR WISSENSCHAFTLER UND LAIEN GLEICHERMASSEN FASZINIEREND.«

deutschen Forschungsinstituten schaffen es in die Galerie. Die Fotos bieten ein Kaleidoskop von Texturen und Mustern, geordneten Strukturen und Chaos, Bergen und Tälern im Maßstab des milliardstel Meters. Was sonst für das menschliche

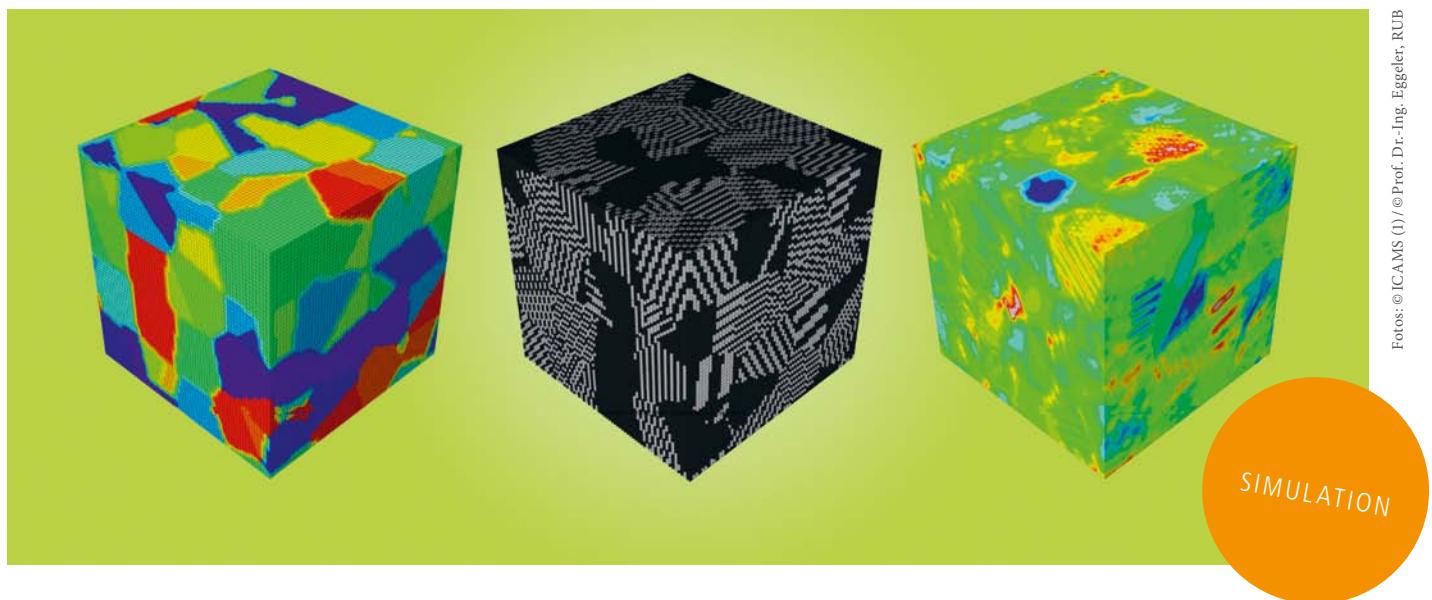


Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Silber-Nanodrahts. Eine extrem hohe Stromstärke hat dessen Kontaktfläche zerstört, so dass Elektronen nun die Silberatome herausdrängen.

Auge unsichtbar bleibt, präsentiert sich hier in leuchtenden Farben und atomaren Mustern. Wer das Edelmetall Gold immer für goldfarben gehalten hat, wird hier eines Besseren belehrt. Denn in der Welt der Nanometer haben Materialien andere physikalische Eigenschaften als in makroskopischen Dimensionen. Nano-gold erscheint rot – wie im Beispiel des Kirchenfensters.

„Um Nanostrukturen sichtbar zu machen, muss sich der Mensch einiger Hilfsmittel bedienen“, resümiert Lörke. „Deshalb besteht die eigentliche Kunst dieser Ausstellung darin, aus Spannungen und Strömen, aus Bits und Bytes, aus Tastsignalen und Beugungsmustern etwas zu machen, das uns ein Bild von der Nanowelt vermitteln kann.“ Technik und Ästhetik gehen mitunter Hand in Hand und lassen so auch den wissenschaftlichen Laien an der Faszination der Nanotechnologie teilhaben.

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



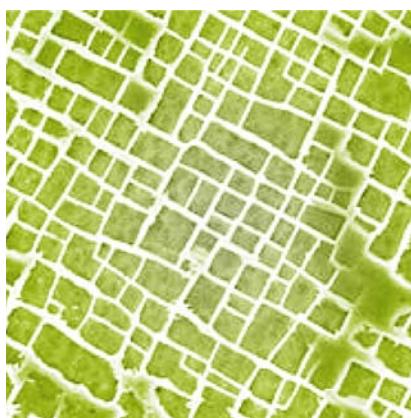
Fotos: © ICAMS (1) / © Prof. Dr.-Ing. Eggeler, RUB

MIKROMECHANISCHE MODELLIERUNG

Berechnung der mechanischen Eigenschaften von Werkstoffen

Konventionelle Materialgesetze lassen sich sehr gut mit experimentellen Messdaten in Einklang bringen und werden beispielsweise benutzt, um die Materialverformung und -umformung im makroskopischen Bereich quantitativ vorherzusagen. Dabei werden makroskopische Körper mithilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) geometrisch beschrieben und die Spannungsverteilung im Körper sowie die daraus resultierende Verformung berechnet. Diese Methode liefert gute Ergebnisse zum Verformungsverhalten komplexer Strukturen, beinhaltet jedoch keine Informationen über die mikrostrukturellen Prozesse, die während der Verformung von Metallen auf der Mikrometerskala ablaufen.

Um diese Einschränkung zu überwinden, wird in den Arbeiten am Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation (ICAMS) an der Ruhr-Universität Bochum ein mikromechanischer Ansatz gewählt, der die Mikrostruktur von Werkstoffen mit ihren makroskopischen mechanischen Eigenschaften verknüpft. Dies geschieht durch die Anwendung der Methode des „Repräsentativen Volumenelements“ (RVE), d.h. des kleinsten Volumenteils, der



Mikrostruktur nickelbasierter Superlegierung

alle Eigenschaften und Strukturmerkmale eines Werkstoffs aufweist. Dieser Ansatz liefert für metallische Werkstoffe und Verbundwerkstoffe bereits heute sehr gute Ergebnisse und soll zukünftig auch zur Optimierung von Wärmedämmsschichten (engl. Thermal Barrier Coatings, TBC) und Bauteilen der Thermoelektrik benutzt werden.

Ein Beispiel für die Anwendung der mikromechanischen Modellierung ist die Beschreibung der temperaturabhängigen Verformung einkristallinen Nickelbasis-Superlegierungen, wie sie für Turbinen-

schaufeln von Gasturbinen in Kraftwerken oder Flugzeugtriebwerken eingesetzt werden. Superlegierungen besitzen auf der Mikrometer-Skala eine komplizierte Mikrostruktur mit harten Ausscheidungsteilchen in einer weichen Matrix. Für diese Materialien ist es erforderlich, physikalisch basierte Verformungsmodelle für Einkristalle zu entwickeln, um wesentliche Verbesserungen für die Anwendungen im Bereich der Energietechnik zu erreichen und neue Einsichten für die Optimierung von Werkstoffeigenschaften zu gewinnen.

Ein Nachteil der mikromechanischen Modelle ist, dass sie viele Eingangsparameter benötigen. Diese können entweder aus mikromechanischen Experimenten wie der Nanoindentierung gewonnen werden oder durch einen skalenüberbrückenden Modellierungsansatz aus Versetzungsdynamik-Simulationen im Mikromästab und der Molekulardynamik im atomaren Maßstab.

**Dr. Anxin Ma,
Prof. Dr. Alexander Hartmaier,
ICAMS, Ruhr-Universität Bochum**

**28.–29.** JUNI 2011**DUISBURG**
**PHOTOVOLTAIK-NRW KOM-
PAKT MIT CENIDE-TECHTALK**

Eröffnet wird die Veranstaltung durch den zweiten Branchentag Photovoltaik NRW mit Initiativen und Projekten. Es schließt sich am gleichen Tag der 1. CeNIDE-TechTalk an, der einen Überblick über die neuesten Trends in der organischen Photovoltaik gibt und zum Photovoltaik-Tag NRW am 29.06. überleitet. Hier werden Ideen und Entwicklungen für die nächste Generation von Solarzellen vorgestellt.

www.photovoltaik.nrw.de/kompakt

**05.–08.** JULI 2011**MAINZ**
**10. IRTG-KONFERENZ
IM MAX-PLANCK-INSTITUT**

Die International Research Training Group 1404 (IRTG) veranstaltet ihre Jahrestagung 2011 im Staudinger-Hörsaal des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung in Mainz. In der IRTG kooperieren Wissenschaftler aus Deutschland und Korea. Themenschwerpunkte der Konferenz sind unter anderem die Optoelektronik, selbst organisierende Materialien und die Nanostrukturen in Polymeren.

www.optoelectronics.chemie.uni-mainz.de

**29.–30.** AUGUST 2011**LUDWIGSBURG**
**STUTTGARTER NANODAYS
2011**

Das Fraunhofer-Institut für Produktions-technik und Automatisierung IPA lädt ein zu den Stuttgarter Nanodays. Thema ist die aktuelle Entwicklung im Bereich der Kohlenstoffnanoröhren (CNT). Durch den Austausch führender Wissenschaftler sollen die Hürden zwischen reiner Demonstration und praxisorientierter Anwendung beseitigt werden. Die Teilnahmegebühr beträgt 990 €.

Anmeldung: lvica.Kolaric@ipa.fraunhofer.de

**22.** SEPTEMBER 2011**DORTMUND**
**NANO! CHANCEN & RISIKEN
DER NANOTECHNOLOGIE**

Der Themenabend in Form einer Podiumsdiskussion ist Teil des Rahmenprogramms zur aktuellen DASA-Sonderausstellung „Nano! Nutzen und Visionen einer neuen Technologie“. Im Mittelpunkt stehen die Sicherheit von Nanomaterialien und gesellschaftliche Auswirkungen. Das Angebot richtet sich an alle Interessierten, besonders aber an diejenigen, die mit Nanomaterialien arbeiten. Der Eintritt ist frei.

<http://www.dasa-dortmund.de>

**17.–18.** OKTOBER 2011**DORTMUND**
**4. NRW NANO-KONFERENZ
2011**

Auch in diesem Jahr zeigt sich der Nanotechnologiestandort Nordrhein-Westfalen im Kongresszentrum der Westfalenhallen Dortmund für Experten und Anwender aus aller Welt. Die Konferenz wird von einer Ausstellung begleitet, in der sich nordrhein-westfälische Unternehmen, Forschungs- und Wirtschaftseinrichtungen aus dem Bereich der Nano- und Mikrotechnologie präsentieren.

www.nmw.nrw.de/nanokonferenz

**03.** NOVEMBER 2011**DRESDEN**
**CARBON MATERIALS
FOR ELECTRODES**

Elektroden auf Kohlenstoffbasis spielen eine wichtige Rolle bei der Energiespeicherung und -umwandlung. Sie finden sich z. B. in Batterien und Brennstoffzellen. Als Material kommen meist Diamant, Graphit oder Kohlenstoffnanoröhren zum Einsatz. Das Fraunhofer IWS bringt in diesem Workshop Experten aus Industrie und Forschung zusammen, die die neuesten Entwicklungen präsentieren und diskutieren.

www.iws.fraunhofer.de

CeNIDE

Das „Center for Nanointegration Duisburg-Essen“, kurz CeNIDE, vernetzt die Forschungsaktivitäten zum Thema „Nano“ in den Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie der Medizin an der Universität Duisburg-Essen (UDE). Einfach gesagt: CeNIDE ist das Dach der Nanowissenschaften an der UDE – das Know-how von 51 Arbeitsgruppen, jeweils unter der Leitung von ausgewiesenen Experten aus verschiedenen Disziplinen, trifft hier zusammen. Dabei forscht und lehrt ein Großteil der Mitglieder an der UDE, doch auch Wissenschaftler externer Institute und Forschungseinrichtungen ergänzen die Kompetenz von CeNIDE.

CeNIDE vernetzt Forschung aus unterschiedlichen Fachdisziplinen und verbindet Grundlagenforschung mit Anwendungen bis hin zur industriellen Umsetzung in Kooperationen mit Industrieunternehmen. Darüber hinaus vertritt CeNIDE die Nanoforschung der UDE nach außen und bietet regelmäßige Lehrveranstaltungen und Workshops für Industrie und Forschung an. Als zentrale wissenschaftliche Einrichtung der UDE und als Konsortialpartner des Clusters NanoMikro+ Werkstoff.NRW ist CeNIDE daran beteiligt, den Weg für die Nanoforschung und -technologie zu ebnen.

Kontakt

Dr. Alina Leson | Forsthausweg 2 | 47057 Duisburg
Tel.: +49 203 379-3669 | Fax: +49 203 379-1895 | E-Mail: news@cenide.de | www.cenide.de

Marcellini Media GmbH | Karolingerstraße 96 | 45141 Essen
Tel.: +49 201 361469-0 | Fax: +49 201 361469-10 | E-Mail: info@marcellini.de | www.marcellini.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

