



Im Jahr 2005 wurden weltweit 2.651 Milliarden Kilowattstunden Strom nur für Beleuchtung verbraucht. 30 bis 50 Prozent dieser Energie könnten durch hocheffiziente Beleuchtungssysteme gespart und der globale CO<sub>2</sub>-Ausstoß um mehr als 450 Millionen Tonnen verringert werden.

*Bieten ganz neue Beleuchtungsmöglichkeiten: phosphoreszierende Emittermaterialien für OLEDs.*

Eine solche Lichtquelle sind die LEDs (engl.: Light Emitting Diode) – weit verbreitet und in immer neuen Anwendungen anzutreffen, zum Beispiel beim Tagfahrlicht von Autos. LEDs sind hell, stromsparend und langlebig: Sie leuchten bis zu 100-mal länger als herkömmliche Glühlampen.

### Künftig leuchten die Tapeten

Noch flexibler einsetzbar werden die organischen Leuchtdioden sein: OLEDs. Sie bestehen aus mehreren hauchdünnen organischen Schichten, von denen eine leuchtet, sobald ein schwacher Strom hindurchfließt. Durch ihre biegsame, folienähnliche Struktur können OLEDs kompakt oder großflächig auch als neuartige Beleuchtungselemente zum Einsatz kommen. Um ein neuartiges, angenehmes Raumlicht zu erzielen, wird sogar an der Entwicklung leuchtender Tapeten gearbeitet. Heute sind OLEDs schon verbreitet als Monitore in Digitalkameras, Autoradios und MP3-Playern.

### Impressum

Verband der Chemischen Industrie e.V.  
Mainzer Landstraße 55  
60329 Frankfurt am Main  
Telefon: +49 69 2556-0  
Telefax: +49 69 2556-1612  
E-Mail: [dialog@vci.de](mailto:dialog@vci.de)  
Internet: [www.vci.de](http://www.vci.de)

Fotos: BASF SE, Bayer MaterialScience AG,  
Cabot Nanogel GmbH, Daimler AG,  
NEEDCOM GmbH, Universität Kassel, VCI

Verantwortliches Handeln

Der VCI unterstützt die weltweite  
Responsible-Care-Initiative



Auflage: 30.000  
Stand: August 2009



## Nanotechnologie bringt Energie auf Trab

*Vorbild Natur: Die leuchtend blaue Farbe entsteht durch Lichtbeugung auf den nanostrukturierten Flügeln des Falters – ganz ohne Farbstoff. Und nanostrukturierte Materialien sind auch ein Schlüssel zu höherer Energieeffizienz.*



Die beste Energiequelle ist: Energie sparen. Der Nanotechnologie kommt hierbei eine zentrale Rolle zu – denn sie ermöglicht neue, bahnbrechende Materialien und Eigenschaften, die in vielerlei Hinsicht Energie sparen helfen. Das Gute daran: Hier geht es nicht um Verzicht, sondern um innovative Lösungen, faszinierende Technologien und großartige neue Möglichkeiten für uns alle.

### Vieles wird möglich

Mit Nanotechnologie lässt sich schon heute viel erreichen: Akkus und Solarzellen mit verbessertem Wirkungsgrad, stromsparende Lichtquellen und verlustärmere Leitungen für elektrischen Strom, neuartige Antriebs- und Kraftübertragungssysteme, effiziente Dämmstoffe und vieles mehr sind Einsatzgebiete, bei denen die Nanotechnologie ihr Potenzial zur effizienteren Nutzung von Energie entfalten kann – und dies in Zukunft noch stärker tun wird.

Übrigens: Was bedeutet überhaupt „Nanotechnologie“? Das Wort „nános“ heißt im Altgriechischen „Zwerg“. Diese bildhafte Bezeichnung weist darauf hin, dass in der Nanotechnologie auf der Ebene von Atomen und Molekülen gearbeitet wird. Dabei geht es um Größenordnungen zwischen 1 und 100 Nanometern (nm), wobei ein Nanometer der milliardste Teil eines Meters ist. In diesem Bereich kann ein Material ganz neue, ungekannte und ungemein nützliche Eigenschaften annehmen – so ist ein Isolator plötzlich elektrisch leitfähig oder Keramik wird transparent.

## Fester als Stahl

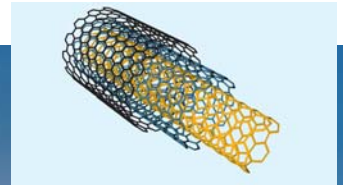
Die unerschöpfliche Energie der Natur lässt sich noch besser nutzen, wenn sich in den Windparks größere Rotorblätter drehen als bisher. Das Problem besteht darin, dass die Länge der Rotorblätter durch ihr Gewicht begrenzt ist. Rotorblätter, die 10 bis 30 Prozent leichter und deutlich stabiler sind als herkömmliche Konstruktionen, lassen sich mit neuen Materialien auf Basis von Nano-Verbundwerkstoffen herstellen.

### Zahlreiche Einsatzgebiete

Die Voraussetzung: sogenannte Nanoröhren. Diese bestehen aus dem gleichen Material wie Bleistiftminen – aus Kohlenstoff. Die Anordnung der Atome ist vergleichbar einer Rolle Maschendrahtzaun mit sechseckigen Waben. Diese Struktur verleiht ihnen extreme Stabilität. Das neue Material wiegt nur einen Bruchteil von Stahl, verfügt aber über eine vielfach höhere mechanische Belastbarkeit. Außerdem leitet es elektrischen Strom ähnlich gut wie Kupfer.

*Dank Nanoröhren ganz groß: Neue Verbundwerkstoffe ermöglichen den Bau leichter und größerer Rotorblätter.*

Die Anwendungsmöglichkeiten der Nanoröhren sind groß: Als Additiv in Kunststoffen, Dispersionen, Metallen und anderen Werkstoffen optimieren sie zahlreiche Materialien oder verleihen ihnen sogar ganz neue Eigenschaften – von verbesserter Strom- und Wärmeleitfähigkeit bis hin zu extremer mechanischer Belastbarkeit. Materialersparnis bei der Herstellung inklusive.



## Damit es läuft wie geschmiert



*Zahn in Zahn:* Mit fünf Litern Benzin nicht nur 100 Kilometer, sondern 150 Kilometer oder weiter fahren? Auch diesem Ziel bringt uns die Nanotechnologie näher.

*Nanoadditive bei Schmierstoffen mindern Reibungsverluste in Getrieben und Motoren.* Die Redewendung „Reibungsverluste vermeiden“ ist zwar schon älter als die Nanotechnologie, aber genau darum geht es. Auch wenn sich bei einem modernen Motor Kolben und Zylinder in Hochglanz präsentieren, zeigt ein Blick ins Elektronenmikroskop: Die Oberflächen weisen winzige Unebenheiten auf, die sich beim Betrieb als Reibungsverluste auswirken.

### Extrem glatt und widerstandsfähig

Schon jetzt sind Nanomaterial-Zusätze für Schmierstoffe auf dem Markt, die die Reibung zwischen Kolben und Zylindern vermindern, indem sie extrem dünne, gut gleitende Schutzschichten bilden. Und weniger Reibung bedeutet nicht nur höhere Effizienz, sondern auch weniger Verschleiß und längere Lebensdauer. Ähnlich ist es bei Getriebe oder Differenzial, wo Zahnräder ineinandergreifen und Reibung viel Kraft kostet. Dadurch addieren sich die Sprintspar-Effekte beim Auto.

## Wärmedämmung durch winzigste Poren

Etwa 75 Prozent der im Haushalt zum Wohnen verwendeten Energie werden zum Heizen benötigt. Neue, verbesserte Dämmstoffe können hier in großem Maße Ressourcen schonen und Kosten senken – beim Heizen im Winter ebenso wie beim Klimatisieren im Sommer.

### Hält Kälte draußen, lässt Licht rein

Extrem gute Wärmedämmung bietet ein Produkt aus der Nanotechnologie: das sogenannte Nanogel. Es besteht zu 95 Prozent aus Luft, doch in seinen nur 20 bis 40 milliardstel Meter kleinen Poren können sich die Luftmoleküle kaum bewegen – und also auch keine Wärme übertragen.

Als lichtdurchlässiges Isoliergranulat kann es in Hohlkammerplatten in Decken und Wände eingebaut werden. Nanogel isoliert nicht nur, sondern lässt auch Licht durch – wobei die Lichtstreuung für eine gleichmäßige Ausleuchtung sorgt. Damit ist Nanogel auch für innovative architektonische Lösungen ideal geeignet. Nanogel isoliert rund drei- bis viermal so gut wie alternative Lösungen und ist bereits als umweltbewusstes Bauprodukt ausgezeichnet worden.

*Hält Wärme drinnen, lässt Licht durch: Nanogel ermöglicht besonders gute Wärmedämmung auch bei großen Gebäuden, wie bei diesem Bürohaus.*





## Alle Sonnenstrahlen nutzen



*Photovoltaik-Module mit Nano-Beschichtung lassen mehr Sonnenlicht zur Stromerzeugung durch.*

Sonnenlicht ist schier unerschöpflich – und schon heute wandeln Photovoltaik-Anlagen auf dem Hausdach rund 15 Prozent der eingestrahnten Sonnenenergie in Elektrizität um. Mit Anti-reflexschichten aus Siliziumdioxid auf den Abdeckgläsern der Solar-Module kann diese Ausbeute noch einmal um drei bis fünf Prozent gesteigert werden.

### Weniger Reflexion

Dazu wird ein sogenanntes Sol-Gel-Verfahren verwendet. „Sol“ bezeichnet eine Lösung, in der Teilchen einer Größe zwischen 1 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) und 1 Nanometer (nm) in einer Flüssigkeit gleichmäßig verteilt vorliegen. Durch Kondensation und Entzug des Lösungsmittels wird aus dem Sol ein Gel. Darin sind alle Teilchen fest miteinander verbunden. Zum Erzeugen der zur Entspiegelung dienenden Nanoschicht wird das Solarglas maschinell in ein Solbad getaucht. Beim Herausziehen entsteht ein dünner Film, der anschließend auf dem Glas eingebrannt wird. Zurück bleibt eine Schicht mit nanokleinen Poren. Eine solche Oberfläche reflektiert nur noch weniger als ein Prozent des einfallenden Sonnenlichts – und nicht vier Prozent wie herkömmliche Abdeckscheiben von Photovoltaik-Modulen.

Im Jahr 2008 waren bereits rund 10 Prozent der weltweit hergestellten Photovoltaik-Module nach diesem Verfahren beschichtet.

## Das Leistungswunder

Betriebszeiten von mehr als sechs Stunden für ein Netbook, 200 Stunden Standby für ein Handy – Rekordwerte dank Lithium-Ionen-Akkus. Bei ihrer Weiterentwicklung spielt die Nanotechnologie eine wichtige Rolle.

Für den Antrieb von Autos waren große Lithium-Ionen-Batterien bislang nur begrenzt geeignet, da es hier nicht nur auf hohe Leistungsfähigkeit und längere Lebensdauer ankommt, sondern auch hohe Sicherheitsanforderungen erfüllt werden müssen. So konnte beim Aufladen Feuer entstehen. Der Grund: Das verwendete Trennmateriale zwischen Minus- und Pluspol, der Separator, bestand aus Kunststoff und konnte schmelzen, wenn sich die Batterie beim Laden überhitzte.

### Sicher und stark

Den Durchbruch brachte ein neuartiges keramisches Separatormaterial, das nicht schmilzt. Auf ein Trägermaterial aufgebracht trennt es Anode und Kathode voneinander und verhindert so den inneren Kurzschluss. Seit Anfang 2006 bewährt es sich im Praxisbetrieb und sorgt in Hybridfahrzeugen für sichere und umweltschonende Mobilität.

*Lithium-Ionen-Batterie macht Strom mobil.*



Man kann es fühlen – wird ein elektrisches Gerät betrieben, erwärmt es sich. Dadurch geht viel wertvolle Energie verloren. Um dies zu vermeiden, ist es das Ziel, die ungenutzte Wärme in Strom umzuwandeln. Dieser „thermoelektrischen Energiewandlung“ sind jedoch physikalische Grenzen gesetzt: Wenn ein Stab aus einem thermoelektrisch aktiven Material an einem Ende erhitzt wird, baut sich eine elektrische Spannung zwischen dem heißen und dem kühleren Ende auf. Das Problem besteht darin, dass Metalle sowohl ausgezeichnete elektrische Leiter als auch sehr gute Wärmeleiter sind. Daher wird die für die Spannungserzeugung notwendige Temperaturdifferenz im Stab auch schnell wieder aufgehoben.

### Lichtmaschine ade

In guten thermoelektrischen Materialien werden Materialien kombiniert, die den elektrischen Strom ähnlich gut leiten wie Metalle, nicht aber die Wärme. Die Herstellung solcher Werkstoffe ist aber eine große Herausforderung. Einen Durchbruch brachte die Nanotechnologie: Anstatt konventionell zwei verschiedene Metalle oder Halbleiter in Kontakt zu bringen, können durch Nanotechnologie neue thermoelektrische Materialien maßgeschneidert werden. Diese lassen einen ungehinderten Elektronenfluss zu, unterbinden aber gleichzeitig die Wärmeleitung.

Auf diese Weise lässt sich die Effizienz von Thermogeneratoren um das Zwei- bis Dreifache steigern. Forscher arbeiten daran, durch diese Technologie künftig im Auto die Lichtmaschine überflüssig zu machen. Dadurch ließen sich Kraftstoffverbrauch und Kohlendioxid-Ausstoß um 5 bis 10 Prozent senken.



*Nicht nur zum Heizen des Innenraums: die Motorwärme dient bald auch zur Stromerzeugung.*

Eine neue Fußgängerbrücke in der Fuldaaue in Kassel fällt ins Auge aufgrund ihrer eleganten Konstruktion. Auf einem filigranen Fachwerk aus Stahlstreben ruht das dünne Brückendeck aus Beton, das lediglich eine Dicke von rund zehn Zentimetern aufweist. Die Fußgänger können es unbesorgt betreten, denn das Material hat es in sich: Dabei handelt es sich um Ultra-Hochleistungsbeton (UHPC). Dessen besondere Belastbarkeit beruht darauf, dass dem zementhaltigen Baustoff nanoskaliges und damit reaktives Siliciumdioxid beigemischt wurde. Die Partikel bewirken eine hohe Materialdichte und reagieren im Lauf der Zeit zu hochfesten Calciumsilikathydraten.

### Schlank und tragfähig

Die extrem geringe Porosität des Betons und fest eingebundene Stahlfasern sorgen für die besondere Festigkeit des Materials. Die Folge: Der Brückenboden bietet schon bei der halben Plattendicke gegenüber „normalem“ Beton die gewünschte Tragfähigkeit. Dieses Material weist den Weg zu hohen Energieeinsparungen beim Bauen mit Beton: UHPC bietet eine derartige Festigkeit, dass der Unterbau statt aus Stahl aus diesem Material gefertigt werden kann. Somit würde für den Bau einer vergleichbaren Brücke nur noch halb so viel Energie verbraucht werden wie bei einer reinen Stahlbetonkonstruktion.

*Weist den Weg zum Bauen der Zukunft: die Gärtnerplatzbrücke in Kassel.*

