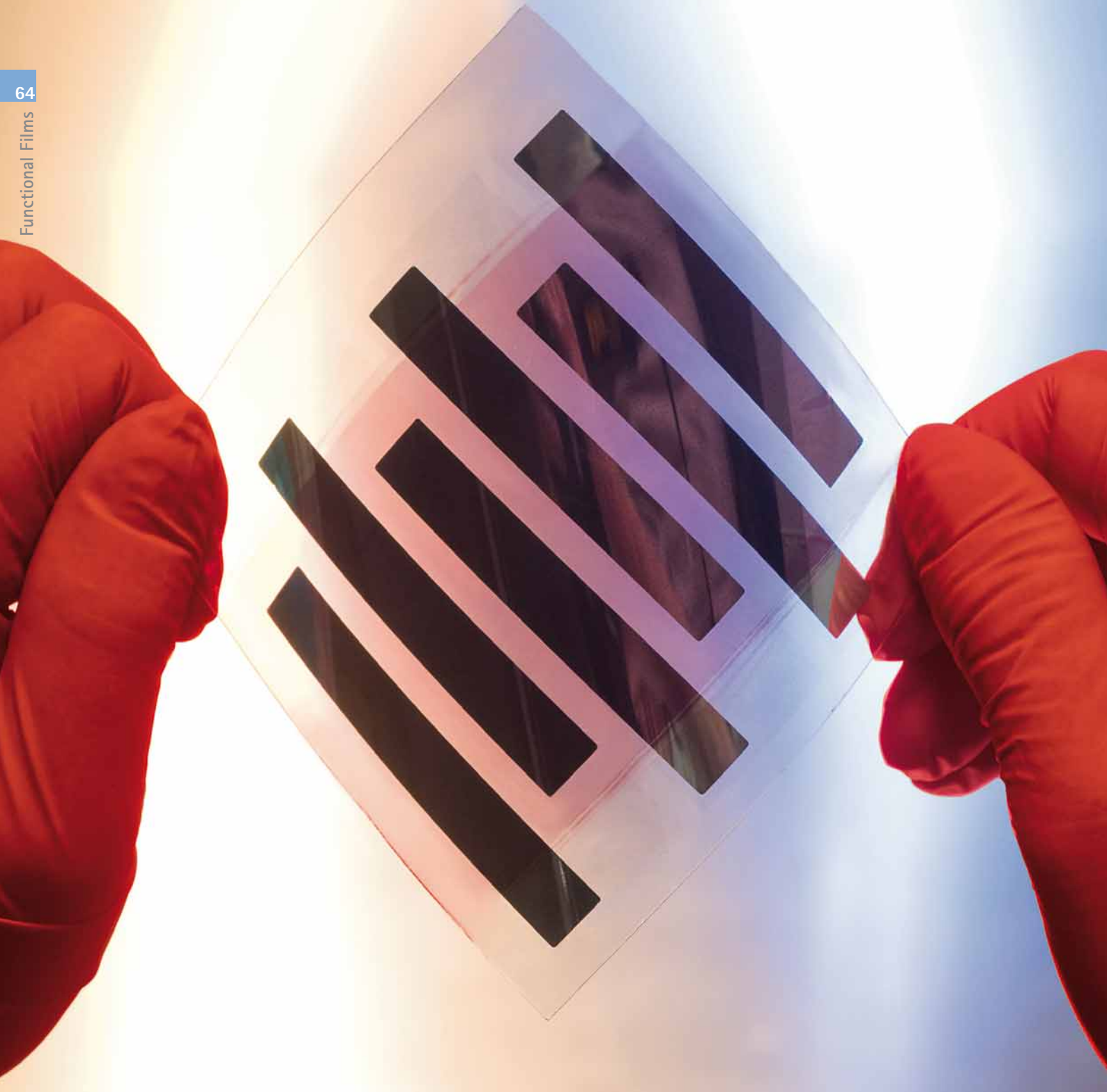


Nanopartikel sollen Solarzellen preiswerter und effektiver machen

Strom aus der Folie – Kraftwerke zum Aufkleben



Solarzellen aus flexibler Kunststoffolie könnten die Energietechnik revolutionieren. Auf Mobiltelefone, Handtaschen oder Häuserfassaden geklebt, sollen die Mini-Kraftwerke das Sonnenlicht effizienter als bisher in Strom umwandeln. Noch sind Wirkungsgrad und Lebensdauer zu gering. Aber mithilfe der Nanotechnologie wollen Forscher von Bayer MaterialScience und Bayer Technology Services die Herausforderungen jetzt meistern und einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Solarzellen und Taschenrechner sind wie füreinander geschaffen. Das briefmarkenkleine, blauglitzernde Feld aus kostengünstigem, amorphem Silicium versorgt das genügsame Rechenwerk zuverlässig mit Strom und hilft, bei Hausaufgaben und Klassenarbeiten peinliche Fehler zu vermeiden. Und weil im Dunkeln niemand Mathematikaufgaben löst, schaltet sich das Gerät ab, wenn man die Schutzkappe darüberschiebt.

Während Taschenrechner mit Solarzellen in Millionenstückzahlen hergestellt werden, kommt das Angebot an Laptops oder Mobiltelefonen mit Solarbetrieb bislang nicht über Prototypen hinaus. Hauptgrund dafür: Die meisten tragbaren Elektronikgeräte verbrauchen mehr Strom, als eine Solarzelle passender Größe liefern könnte. Und diese würde obendrein das Gerät deutlich verteuern. Ein weiteres Hindernis ist, dass heutige Solarzellen starr sind, weil sie aus Siliciumwafern oder als Dünnschichtzellen auf Glasträgern hergestellt werden und sich deshalb nicht in zeitgemäßes Design einfügen lassen.

Doch das soll sich schon bald ändern. Die Lösung heißt „organische

Photovoltaik“ – also elektrische Energie aus Sonnenlicht mittels Kunststoff-Solarzellen. Schon seit den 1980er-Jahren ist bekannt, dass bestimmte Kunststoffe Licht in Strom umwandeln können. Weil Folien aus solchen Kunststoffen flexibel sind, ließen sie sich auf Mobiltelefone, Handtaschen, Jacken, Autos, aber auch auf Fenster und Fassaden kleben und könnten überall dort Strom erzeugen, wo er gebraucht wird. Und zwar ganz ohne lästige Suche nach Netzteil oder Steckdose.

Milliardenmarkt: flexible Kunststoff-Solarzellen

Doch der Traum vom Mini-Solarkraftwerk auf Telefon oder Aktentasche hat sich bisher noch nicht erfüllt, weil der Wirkungsgrad der Folien – die Effizienz, mit der Lichtenergie in elektrische Energie umgewandelt wird – zu gering ist. Während Zellen aus monokristallinem Silicium über 20 Prozent der Sonnenenergie umsetzen können, schaffen die besten Solarfolien im Labor gerade einmal fünf bis sechs Prozent. Zudem lässt die Effizienz dieser Folien schon nach

wenigen Monaten spürbar nach, daher blieb dieser Boom bisher aus.

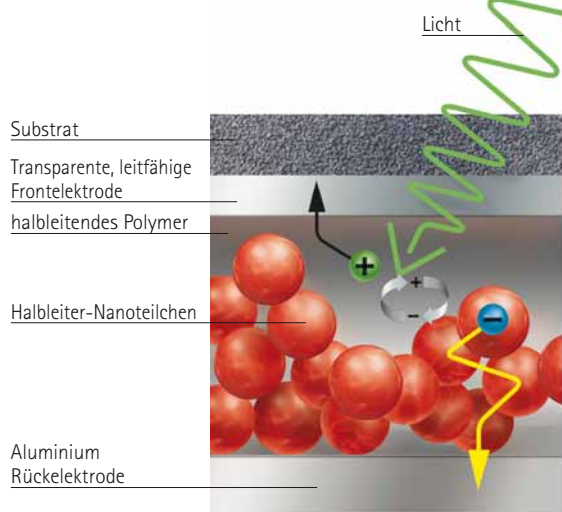
Dennoch wittern weltweit viele Unternehmen einen Milliardenmarkt. Auch das deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat das Potenzial der organischen Photovoltaik erkannt und fördert das Fachgebiet in den nächsten drei Jahren mit insgesamt 60 Millionen Euro. Mit dabei sind viele Hochschulen und Forschungsinstitute sowie eine Reihe von Unternehmen der Chemie- und Solarbranche: auch Bayer als Koordinator mehrerer Partner in einem Projekt, das im September 2008 startete und auf drei Jahre angelegt ist. „Wir glauben, dass wir mit unserem Know-how substantielle Beiträge leisten können“, sagt Dr. Karsten Dierksen, Leiter Polymerelektronik im Bereich Functional Films bei Bayer MaterialScience. Ein Teil davon ist die hohe Expertise im Umgang mit Kunststoffen wie Polycarbonat – einem der heißen Kandidaten für das Trägermaterial von organischen Solarzellen. Auch beim Aufbringen dünnster Schichten – etwa mittels Druckverfahren – hat Bayer Kompetenzen. Die werden drin-

Strom aus Plastik: Bayer-Forscher entwickeln Kunststofffolien (Foto li.), die aus Sonnenlicht elektrische Energie erzeugen. Die hauchdünnen Solarkraftwerke könnten überall dort Strom erzeugen, wo er gebraucht wird – ohne lästige Suche nach Netzteil oder Steckdose.



Flache Fabrik für Sonnenstrom

Im Licht steckt Energie: Eine Solarzelle wandelt diese in Elektrizität um. Das spielt sich an der Grenze von zwei Halbleitermaterialien ab. Bei der organischen Photovoltaik sind diese Grenzflächen nur wenige Nanometer groß, aber entscheidend für die Effizienz der Zelle. Da nur das Licht in Strom umgewandelt werden kann, das innerhalb dieser engen Zone absorbiert wird, müssen die Materialien nicht nur besonders rein sein, es kommt auch auf deren geometrische Anordnung an. Nano-Strukturen sorgen für eine extreme Vergrößerung der Grenzfläche und steigern die Effizienz um mehr als eine Größenordnung. In der photoaktiven Schicht einer hybriden Solarzelle sind die Halbleiter-Nanoteilchen so angeordnet, dass sie in direktem Kontakt stehen und einen elektrischen Pfad zu einer äußeren



Metallelektrode bilden. Die Zwischenräume sind mit einem halbleitenden Kunststoff gefüllt. Fällt Licht auf die Struktur, bildet sich kurzzeitig eine noch lose aneinander gebundene positive und negative Ladung. Befindet sich nun eine Grenzfläche in der Nähe des Ladungspaares, werden die gebildeten Ladungen getrennt. Die negative Ladung fließt dann über die Nanoteilchen zur Metallelektrode, die positive Ladung wandert über den Kunststoff zur transparenten leitfähigen Frontelektrode.



Sonnenstrom-Experten: Mit ihrem Know-how im Umgang mit Kunststoffen wie Polycarbonat wollen Dr. Karsten Dierksen, Dr. Frank Rauscher und Dr. Werner Hoheisel (v. li.) zur Entwicklung von kostengünstigen und langlebigen organischen Photovoltaik-Systemen beitragen.

gend gebraucht, denn: Eine organische Solarzelle ist wie ein Sandwich aufgebaut. Sie besteht aus mehreren, zum Teil nur wenige zehn Nanometer dünnen Schichten, die meist nur passive Funktion haben. Sie sollen die eigentliche, lichtempfindliche Schicht vor Angriffen des Sauerstoffs aus der Luft schützen oder für eine hohe Flexibilität des Solarzellen-Sandwichs sorgen.

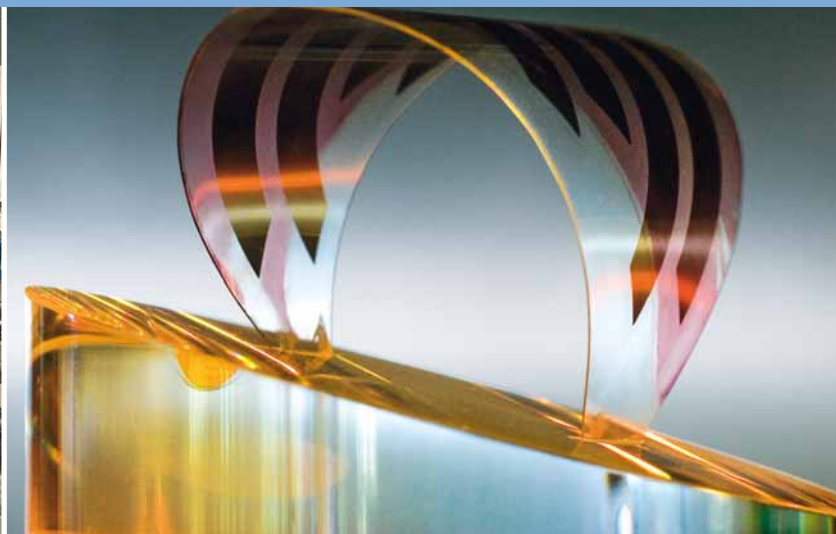
Struktur von Nanopartikeln ganz gezielt erzeugen

Der Erfolg der organischen Photovoltaik steht und fällt aber mit der lichtempfindlichen Schicht. Die muss Sonnenlicht möglichst effizient in positive und negative Ladungsträger umwandeln und diese ohne Verlust über ein Netzwerk von sehr feinen Nanostrukturen ableiten. Wie der beste Aufbau für eine möglichst effiziente Zelle aussieht, ist Gegenstand der aktuellen Forschung.

Bayer favorisiert eine neuartige Solarzellentechnologie mit anorganischen Nanopartikeln, sogenannten Quantenpunkten, und geht damit einen anderen Weg als die meisten Unternehmen. Das geschieht aber nicht, weil andere Unternehmen dem Bayer-Ansatz misstrauen, sondern, weil es kaum Fir-

men gibt, die diesen Prozess beherrschen. „Wir können sogar die Struktur der Nanopartikel gezielt steuern“, erklärt Dr. Frank Rauscher. Er und seine Kollegen bei Bayer Technology Services entwickeln geeignete Nanomaterialien und erforschen die physikalischen Grundlagen der Stromerzeugung in dem Kunststoff-Nanopartikel-Sandwich. Letzteres besteht aus einem Netzwerk halbleitender Kunststoffe, in dem die Nanopartikel fein verteilt eingebettet sind. „Entscheidend ist, dass die Nanopartikel nicht unkontrolliert verklumpen, sondern ein Netzwerk ausbilden. So können beide Komponenten als Drainage für die positiven und negativen Ladungsträger dienen“, beschreibt Dr. Werner Hoheisel das Prinzip. Der Physiker ist bei Bayer Technology Services unter anderem verantwortlich für die Entwicklung des neuen Solarzellentyps. Wichtig: Die Kontaktfläche zwischen anorganischen Quantenpunkten und halbleitendem Kunststoff muss möglichst groß sein, dort findet die Umwandlung von Licht in elektrische Energie statt.

Das US-amerikanische Start-up-Unternehmen Konarka wirbt schon heute mit einer Welt, die ohne Stromkabel auskommt. Doch über sechs Prozent Wirkungsgrad im Labor kommen die



Flexible Mini-Kraftwerke: Für die organische Photovoltaik werden feinste Materialschichten – nur wenige zehn Nanometer dünn – übereinander aufgebracht. Melanie Treichel bereitet das Druckverfahren dafür unter Reinraumbedingungen vor (Foto Mitte). Der biegsame Foliensandwich (re.) ist leicht an vielfältige Formen anpassbar.

Solarzellen der Amerikaner auch noch nicht hinaus.

2011: weniger als ein Euro pro Watt Spitzenleistung

Hoheisel sieht im gezielten Design von Material und Herstellverfahren eine große Herausforderung: „Trotz guter Konzepte und Ideen stehen wir bisher am Anfang, und deshalb bleibt immer ein Risiko.“ Um das jedoch so gering wie möglich zu halten, setzt das Bayer-Forscherteam auf die Unterstützung von Kooperationspartnern. Q-Cells und das Start-up-Unternehmen SoluXX sollen vor allem die industrielle Umsetzung

vorantreiben. Weitere Partner im BMBF-Programm sind die Universitäten Köln und Wuppertal, das Karlsruher Institute of Technology sowie das Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme. Und auch das Forschungsministerium geht auf Nummer sicher und fährt mehrgleisig, indem es die insgesamt 60 Millionen Euro seines Forschungsprogramms „Organische Photovoltaik“ nicht allein auf ein Pferd setzt. „Es kann am Ende aber auch mehrere Sieger geben“, meint Dierksen, etwa Solarfolien mit unterschiedlichen Stärken und Schwächen für unterschiedliche Einsatzzwecke. Ob Bayer zu den Siegern zählen wird, entscheidet in erster Linie der Markt. „Sie-

ben bis acht Prozent Wirkungsgrad, drei Jahre Lebensdauer und ein Preis von unter einem Euro pro Watt Spitzenleistung sind ambitionierte Meilensteine, die es dafür in den kommenden drei Jahren zu erreichen gilt“, so Dierksen. Nur dann haben organische Solarzellen eine Chance, in den lukrativen Markt für Konsumgüter einzudringen. Das wird für erste Anwendungen ab 2013 sein, mit einer breiten Markteinführung rechnet Dierksen ab 2015. Dafür müssen schon jetzt Vorbereitungen getroffen werden, zum Beispiel durch Partnerschaften mit anderen Unternehmen. Dierksen ist zuversichtlich, denn: „Wir sind ganz vorne mit dabei.“

Noble Vordenker

Durch die Entdeckung leitfähiger Kunststoffe haben die beiden US-Amerikaner Alan Heeger und Alan MacDiarmid sowie der Japaner Hideki Shirakawa Anwendungen wie Leuchtdioden oder Anzeigendisplays in Mobiltelefonen möglich gemacht. Für ihre Arbeiten erhielten sie im Jahr 2000 den Chemie-Nobelpreis. Einen leitenden Kunststoff zu produzieren, gelang Heeger, MacDiarmid und Shirakawa erstmals mit Polyacetylen. Die Forscher bedampften den Kunststoff mit Iodgas: Dessen elektrische Leitfähigkeit war anschließend mehrere Millionen mal größer.



www.podcast.bayer.de

Das Bayer-Podcast-Center bietet einen Hintergrundfilm zum Thema.



www.bmbf.de/de/10413.php

Dort finden sich weitere Informationen zum Forschungsprogramm „Plastikstrom: Organische Photovoltaik“.