

Abs	Neue Energie (1 / 2007)	Financial Times Deutschland (2.5.2007)	Abs
	Photonen von der Rolle (Sascha Rentzing)	Die kleinen Sonnenkönige (Sascha Rentzing)	
0	Die Nanotechnologie könnte die Photovoltaik revolutionieren, Solarzellen aus Farb- und Kunststoffen den teuren Siliziumgeneratoren bald Konkurrenz machen.	Kleinste Solarzellen aus Farb- und Kunststoffen wandeln Lichtenergie in Strom um. Die Nanotechnik ist einfach wie günstig - und könnte teuren Siliziumgeneratoren bald Konkurrenz machen.	0
	Erste Firmen starten in Kürze die Serienproduktion	Firmen beginnen mit der Produktion.	
1	Erik Oldekop gibt sich sehr selbstbewusst: „Das Silizium hat es nicht geschafft, Solarstromkosten deutlich zu senken. Mit unserer Technik wird das möglich sein“, sagt der Deutschland-Chef der kalifornischen Firma Nanosolar.	Erik Oldekop gibt sich selbstbewusst: "Das Silizium hat es nicht geschafft, Solarstromkosten deutlich zu senken. Mit unserer Technik wird das möglich sein", sagt der Deutschlandchef der amerikanischen Firma Nanosolar.	1
2	Die Massenproduktion von Modulen der ‚dritten Generation‘ ist für die US-Amerikaner der Schlüssel zur preiswerten Solarenergie.	Die Massenproduktion von Modulen der "dritten Generation" ist für die Amerikaner der Schlüssel zur preiswerten Solarenergie.	2
	Anders als Siliziummodule bestehen diese aus nur millionstel Meter dünnen, Licht sammelnden Schichten. Physikalisch sind sie mit diesen Maßen der Nanotechnologie zuzuschreiben.	Anders als Siliziummodule bestehen diese aus nur millionstel Meter dünnen,lichtsammelnden Schichten. Physikalisch sind sie damit der Nanotechnik zuzuschreiben.	
3	Sage und schreibe 430 Megawatt (MW) Fertigungskapazitäten für Zellen und Module will Nanosolar in den nächsten Jahren aufbauen.	430 Megawatt (MW) Fertigungskapazität will Nanosolar aufbauen.	3
	Die Zellenfabrik soll in den USA entstehen; als Standort für die Modulfertigung hat das Unternehmen das brandenburgische Luckenwalde ins Auge gefasst.	Die Zellenfabrik soll in den USA entstehen, das Modulwerk im brandenburgischen Luckenwalde.	
	Bereits in Kürze soll die Fertigung starten.	Der Produktionsstart steht kurz bevor:	
	„Wir sind in der Umsetzung schon sehr weit fortgeschritten. Unsere Module werden momentan getestet und		
	wir werden sie noch in diesem Jahr am Markt anbieten“, erklärt Oldekop die Pläne.	"Wir werden die Module noch in diesem Jahr anbieten", sagt Oldekop.	
		<b>Gesunder Optimismus</b>	
4	Die Zuversicht der kalifornischen Nano-Spezialisten hat Gründe:	Der Optimismus des Solarmanagers hat Gründe:	4
	Im Pilotwerk in Palo Alto, Kalifornien, stellt die Firma bereits erfolgreich Solarzellen her. Wie beim Zeitungsdruck wird eine aus winzigen Halbleiterpartikeln aus Kupfer-Indium-Gallium-Selenid (CIGS) bestehende Tinte im Rolle-zu-Rolle-Verfahren auf Folie aufgetragen. Damit kann im Produktionsprozess auf Vakuummaschinen und Raumproduktionsbedingungen verzichtet werden.	Im Pilotwerk in Palo Alto, Kalifornien, stellt die Firma bereits erfolgreich Solarzellen her. Wie beim Zeitungsdruck wird eine Tinte aus winzigen Halbleiterpartikeln auf Folie aufgetragen. Diese Tinte besteht aus Kupfer-Indium-Gallium-Selenid (CIGS).	
	Bei deutlich erhöhtem Durchsatz sinken so die Investitionskosten. Und auch der Wirkungsgrad des Nanomoduls soll beachtlich sein. "Wir liegen deutlich über den Wirkungsgraden anderer, kommerziell erhältlicher Dünnschichtmodule", sagt Oldekop.	Weil das einfach und schnell geht, sind die Investitionskosten niedrig.	
5	Investoren sind von der Technik offenbar		

Abs	Neue Energie (1 / 2007)	Financial Times Deutschland (2.5.2007)	Abs
	angetan. Bei einer Finanzierungsrunde im Sommer konnte die Firma 75 Millionen US-Dollar (rund 61 Millionen Euro) einsammeln. Ihr stehen damit insgesamt über 100 Millionen US-Dollar (81 Millionen Euro) Eigenkapital für den Produktionsaufbau zur Verfügung. Zu den Kapitalgebern zählen etwa der Schweizer Rückversicherer Swiss Re und die Private-Equity Gesellschaft Grazia Equity GmbH.		
	<b>Zwei starke Materialien kombiniert</b>		
6	Nanosolar ist nicht das einzige Unternehmen, das nach Jahren der Forschung an der Kommerzialisierung von Solarmodulen auf Basis nanostrukturierter Materialien arbeitet.	Nanosolar ist nicht das einzige Unternehmen, das mit den hauchdünnen Lichtfängern Geld verdienen möchte.	
	Mehrere Firmen wollen die Technik auf größere Produktionsmengen hochskalieren. Dazu zählen etwa das US-amerikanische Unternehmen Konarka Technologies, die G24 Innovations, eine im britischen Cardiff ansässige Firma,	Mehrere Firmen wollen die Technik im großen Stil produzieren, etwa das US-Unternehmen Konarka	
	oder die australische Dyesol. Selbst der weltgrößte Produzent von Siliziumzellen, Sharp, entwickelt am Konzernsitz Katsuragi in Japan bereits Nanozellen. Über die Absichten der Japaner ist indes nicht viel bekannt.	und die australische Dyesol.	
7	Im Kern verfolgen die Firmen drei Konzepte. Ein Ansatz beruht auf Halbleiterpartikeln wie sie Nanosolar einsetzt. Diese so genannten Quantenpunkte haben die Eigenschaft,	Die Firmen verfolgen drei Konzepte. Ein Ansatz beruht auf Halbleiterpartikeln, wie sie Nanosolar einsetzt. Trifft Licht auf diese Quantenpunkte,	5
	bei Eintreffen von Lichtteilchen sehr schnell Elektronen abzugeben. Sie wandeln Photonen also effizient in Strom um.	geben sie sehr schnell Elektronen ab, sie sind also effiziente Stromerzeuger.	
	Der zweite Ansatz setzt auf organische Solarzellen.	Der zweite Ansatz setzt auf organische Zellen.	
	Bei dieser Technik gehen halbleitende Kunststoffteilchen, so genannte	Bei dieser Technik fangen Kunststoffteilchen,	
	konjugierte Polymere, auf Photonenfang. Moleküle aus reinem Kohlenstoff, die Fullere, nehmen die durch die Lichtteilchen angeregten Ladungsträger auf und transportieren sie zu den Elektroden der Zelle.	konjugierte Polymere, Sonnenphotonen ein. Das Licht regt die Ladungsträger an. Kohlenstoffmoleküle, Fullere, transportieren diese anschließend zu den Elektroden der Zelle.	
	Die dritte und wohl bekannteste Nanotechnik nutzt Farbstoffmoleküle zur Sonnenlichternte.	Die dritte Technik nutzt Farbstoffmoleküle, um das Sonnenlicht zu ernten.	
	Diese verhalten sich wie das Chlorophyll in einer Pflanze bei der Photosynthese:	Sie verhalten sich wie das Chlorophyll in einer Pflanze bei der Fotosynthese:	
	Trifft Licht auf den Farbstoff, werden dessen Elektronen angeregt. Die werden dann über den Halbleiter Titandioxid weitergeleitet. Den Transport der parallel gebildeten positiven Ladungsträger, der Elektronenlöcher, übernimmt ein spezieller Elektrolyt.	Trifft Licht auf den Farbstoff, werden dessen Elektronen angeregt, die Zelle erzeugt Strom.	
		<b>Aggressiv und kurzlebig</b>	
8	Gemeinsam ist den Nanotechniken folgendes Prinzip: Licht absorbierendes Material nimmt Sonnenphotonen auf. Dadurch werden	Gemeinsam ist den Nanotechniken folgendes Prinzip: Spezielle Materialien nehmen Sonnenlicht auf. Das Licht setzt Elektronen frei,	6

Abs	Neue Energie (1 / 2007)	Financial Times Deutschland (2.5.2007)	Abs
	Elektronen freigesetzt und es entstehen Elektronenlöcher,	und es entstehen Elektronenlöcher,	
	die dann zu den Zellenkontakten weitergeleitet werden.	die positiven Ladungsträger. Elektronen und Löcher wandern dann zu den Zellenkontakten,	
	Dort können sie als nutzbarer Strom abgegriffen werden. Zur effizienten Nutzung des Sonnenlichts bei allen Ansätzen Materialien mit zwei besonderen Stärken zusammen: Eines ist ein hervorragender Photonenfänger, das andere ein prima Ladungstransporteur.	wo sie als Strom abgegriffen werden können.	
	<b>Großes Manko: Kurzlebigkeit</b>		
9	Zum Vergleich: Bei einer Siliziumzelle übernimmt das Silizium alle Funktionen — Lichtsammlung, Ladungstrennung und -transport. Genau betrachtet ist diese Art der Solarstromerzeugung weniger effektiv und sehr materialintensiv. Denn als Halbleiter ist das Silizium ein schlechter Lichtabsorber. Daher werden für Si-Jrzellen hundert Mikrometer dicke Schichten benötigt, um Licht komplett in elektrische Energie umzuwandeln.		
10	Die Vorteile der neuen Solargeneratoren gegenüber der Siliziumtechnik liegen damit auf der Hand: Sie benötigen weniger Material und lassen sich mithin deutlich günstiger herstellen. Außerdem sind die Nanoabsorber sehr empfindlich gegenüber diffusem Licht. Das prädestiniert sie für Orte, die häufiger verschattet sind. Und schließlich können die schlanken Lichtsammler aufgrund ihrer Flexibilität an Orten eingesetzt werden, wo klassische Solarzellen allein schon wegen ihres Formats und Gewichts nicht in Frage kommen.	Vorteil: Die Prozesse spielen sich in hauchdünnen Schichten ab. So kann viel teures Material gespart werden - das ist wichtig für die Fotovoltaik, die immer geringere Kosten anstrebt.	
11	Von einem bevorstehenden Durchbruch der ultradünnen Solarzellen zu sprechen, wäre allerdings verfrüht. Denn den Kostenvorteilen stehen beträchtliche Nachteile gegenüber.		
	Ein wesentliches Problem ist die Kurzlebigkeit der Zellen. Keine der bisher erprobten Techniken kommt, wie Silizium, auf eine Lebensdauer von 20 Jahren.	Großes Manko ist die Kurzlebigkeit der neuen Lichtsammler. "Siliziumzellen halten über 20, die neuen Zellen nur wenige Jahre", sagt Wolfram Jägermann, Solarforscher an der Universität Darmstadt.	7
12	Das Phänomen der schnellen Alterung ist schon häufig beschrieben worden:		
	Die in den Farbstoffzellen verwendeten Elektrolyte sind so aggressiv wie flüchtig und machen es deshalb schwierig, dauerhafte Stabilität zu erreichen.	So sind die in Farbstoffzellen eingesetzten Stoffe sehr aggressiv:	
	Das oft als Elektronenloch-Transporteur eingesetzte Iodid etwa frisst die Zellenversiegelung im Laufe der Zeit regelrecht auf und entflucht dann.	Sie fressen sich durch die Verkapselung und entfleuchen dann.	
13	Auch bei Polymerzellen ist die optimale Versiegelung noch nicht gefunden. Schwierigkeit		

Abs	Neue Energie (1 / 2007)	Financial Times Deutschland (2.5.2007)	Abs
	hier: Kommen die organischen Solarsubstanzen mit Wasser und/oder Sauerstoff in Berührung, werden sie abgebaut. <b>Bisher waren die Entwickler froh, wenn sie die Plastiklichtfänger für einige Monate stabilisieren konnten.</b>		
14	Weiter gearbeitet werden muss außerdem an der Effizienz der Nanozellen. Zwar konnte beispielsweise Sharp für die glasversiegelte Farbstoffvariante einen Wirkungsgrad von 11,1 Prozent nachweisen, was bereits nahe an das Silizium heranreicht (14 Prozent), die serielle Fertigung lässt indes zunächst niedrigere Werte erwarten. <b>Organische Zellen schaffen derzeit nur Wirkungsgrade im unteren einstelligen Bereich.</b> Allerdings nährte die Technische Universität Ilmenau die Hoffnung auf weitere Effizienzverbesserungen: Das dortige Institut für Physik erreichte Ende 2005 für Plastikzellen auf Folienbasis einen Wirkungsgrad von fünf Prozent (neue energie 12/2005). Bis dato waren maximal drei bis vier Prozent nachgewiesen worden.	Um das zu verhindern, müssen Forscher resistenzere Zellhüllen entwickeln - und die Zellen effizienter machen. <b>Spitzen-Nanozellen erreichen zwar bereits Wirkungsgrade von über zehn Prozent,</b> gängige Siliziumzellen liegen mit zwischen 15 und 20 Prozent aber noch deutlich darüber.	
15	Trotz dieser Probleme gehen <b>die Firmen</b> die industrielle Fertigung selbstbewusst an. Nanosolar etwa versichert, ein Produkt auf den Markt zu bringen, das sich nicht nur günstig herstellen lässt und gute Wirkungsgrade aufweist, sondern auch lange hält. „Der Produktionsprozess ist verdammt schwer. Aber wir erreichen eine sehr hohe Langzeitstabilität“, sagt Deutschland-Chef Oldekop.	Dennoch sind <b>die Firmen</b> überzeugt, dass die Nachfrage nach ihren Produkten groß sein wird.	8
	<b>Nach 15 Forschungsjahren kommt die Grätzelzelle</b>		
16	Große Ziele hat auch das walisische Unternehmen <b>G24 Innovations</b> . Der Solar-Newcomer setzt auf <b>Farbstoffzellen</b> und plant, in <b>Cardiff eine Fertigung mit einer Kapazität von 200 MW aufzubauen.</b> Die ersten 20 MW sollen nach Firmenangaben in den nächsten Monaten <b>eingerrichtet werden.</b> Anwendungsgebiete für sein Produkt sieht G24 zunächst im mobilen Elektrobereich, dann aber auch in der <b>Photovoltaik.</b>	<b>"Einsatzgebiete sehen wir im mobilen Elektronikbereich, später natürlich auch in der Fotovoltaik",</b> sagt Regina Dyer, Sprecherin von <b>G24 Innovations</b> aus <b>Cardiff</b> . Bis Ende 2008 will die Firma <b>eine Fertigung für Farbstoffzellen mit einer Kapazität von 200 MW aufbauen.</b> Die ersten 20 MW werden derzeit <b>eingerrichtet.</b>	
17	Der Produktionsstart dieser Art Nanotechnik kann fast schon als historisches Ereignis bezeichnet werden:		
	<b>15 Jahre intensive Forschung liegen hinter der Farbstoffzelle;</b> viel Zeit verging, um gute Nanoabsorber sowie geeignete, gut beherrschbare Elektrolyte zu finden und deren Zusammenspiel zu optimieren.	<b>15 Jahre Forschung liegen hinter dieser Technik.</b>	
	<b>Michael Grätzel,</b> der heute am Eidgenössischen Polytechnikum Lausanne (Schweiz) lehrt, hatte <b>seinerzeit</b> die Idee für den die Photosynthese nachahmenden Stromgenerator und <b>baute den</b>	Der renommierte Lausanner Solarforscher <b>Michael Grätzel baute seinerzeit den Prototyp.</b>	

Abs	Neue Energie (1 / 2007)	Financial Times Deutschland (2.5.2007)	Abs
	Prototypen.		
	Später lizenzierte Konarka die Technik und entwickelte das Fertigungsprinzip in einer eigenen Pilotanlage. Auf Grundlage einer Lizenzvereinbarung mit dem US-amerikanischen Nanospezialisten wird G24 nun mit der Herstellung beginnen. Vom Prinzip her wird diese so ablaufen:	Später lizenzierte Konarka die Technik und entwickelte das Fertigungsprinzip, das nun G24 verfolgt.	
	Eine dünne Lage Titandioxid wird auf Folie aufgetragen. Anschließend wird die molekulare Struktur der Folie unter Einsatz von Nanotechnik weiter manipuliert.	Danach wird eine dünne Lage des Halbleitermaterials Titandioxid, in das Farbstoffmoleküle eingebettet sind, auf eine Folie aufgetragen. Diese läuft über Rollen.	
18	Die Firmen erwarten den Produktionsstart mit Spannung. Denn die Hochskalierung dürfte schwierig werden. So ist der eingesetzte Elektrolyt flüssig und daher schwer zu handhaben.		
	Ob die Zellqualität stimmt und der angepeilte Wirkungsgrad von 7 Prozent erreicht wird, lässt sich deshalb erst sagen, wenn die ersten Serienprodukte vorliegen.	Trotz dieser "einfachen" Behandlung erreichen die Pilotzellen einen Wirkungsgrad von sieben Prozent.	
		Ständig auf der Suche	
19	Konarka selbst beschäftigt sich nicht nur mit Farbstoffzellen. 2004 übernahm das Unternehmen die Nanosolar-Forschung von Siemens und verfügt seitdem auch über das dort entwickelte Wissen über organische Zellen. Im firmeneigenen Labor erzielt das Unternehmen mit Lichtfängern auf der Basis von Kunststoffen und Fullerenen einen Wirkungsgrad von mehr als fünf Prozent.		
	Derzeit arbeitet Konarka gemeinsam mit der Leonard Kurz GmbH, Entwickler und Hersteller von Prägefolien und der zugehörigen Anwendungstechnik, an Verfahren zur großtechnischen Fertigung für diese Zelltechnik.	Daneben arbeitet Konarka auch an organischen Zellen. Im Labor erzielt die Firma mit der Polymertechnik Wirkungsgrade von über fünf Prozent. 2008 sollen die Plastik-Lichtsammler reif für die großtechnische Fertigung sein.	9
	Die Idee: Die Halbleiterschicht, das Polymer-Fulleren-Komposit, wird schlicht zwischen zwei Plastikfolien eingeschlossen. Um hohe Durchsätze zu ermöglichen, soll dies per Rolle-zu-Rolle-Verfahren erfolgen.	Die Idee: Das Polymer-Fulleren-Gemisch wird schlicht zwischen zwei Folien eingeschlossen. Diese Schicht fängt das Sonnenlicht ein.	
20	Kommen die Partner zu den erhofften Ergebnissen, könnten laut Konarka Polymerzellen bereits von 2008 an im großen Stil produziert werden.		
	Ob das Unternehmen die von ihm entwickelte Nanotechnik aber in Zukunft selbst in Masse herstellen oder — wie im Fall G24 — ausschließlich Lizenzen verkaufen beziehungsweise Kooperationspartnern die Hochskalierung überlassen wird, ist derzeit nicht entschieden.	Ob das Unternehmen die Zellen selbst herstellen oder ausschließlich Lizenzen verkaufen beziehungsweise Kooperationspartnern die Massenfertigung überlassen wird, ist noch nicht entschieden.	
	Viele neue Nanoansätze in der Laborphase		
21	Unterdessen wird weiter rege geforscht. Die	Unterdessen	10

Abs	Neue Energie (1 / 2007)	Financial Times Deutschland (2.5.2007)	Abs
	Wissenschaftler sind von den großen Potenzialen der Nanotechnik überzeugt und glauben, dass Effizienzsteigerungen und längere Lebenszeiten realisierbar sind.		
	Gesucht wird nach neuen, das Sonnenlicht besser auszunutzen den Absorbieren,	suchen Wissenschaftler und Firmen nach neuen Substanzen, die das Sonnenlicht noch besser ausnutzen. Etwa	
	Materialien, die energetisch besser aufeinander abgestimmt sind und Zellaufbauten, die den Ladungsträgern ihren Weg zu den Elektroden erleichtern. Theoretisch sind unendlich viele Stoffe, Stoffpaare und Konstruktionen denkbar. Die große Herausforderung lautet schlicht, die besten zu finden. Das Polytechnikum Lausanne etwa befasst sich intensiv mit der Frage, wie die Effizienz der Grätzel-Zelle verbessert werden kann. Ansatz ist, Farbstoffe durch winzige aus Halbleitermaterial bestehende Quantenpunkte zu ersetzen. „Auf diese Weise kann man gleich mehrere Elektronen mit einem Photon ernten. Normalerweise wird in Solarzellen pro Lichtteilchen nur ein Elektron freigesetzt“, sagt der Zellenerfinder Michael Grätzel. Theoretisch ließe sich der Wirkungsgrad seiner Zellkonstruktion durch Austausch der Licht fangenden Moleküle also verdoppeln.	Materialien, die energetisch besser aufeinander abgestimmt sind. Oder Zellen, die so aufgebaut sind, dass die Ladungsträger ihren Weg zu den Elektroden der Zelle leichter finden.	
22	Aus dem gleichen Grund, der Aussicht auf eine bessere Nutzung des Sonnenlichts, arbeiten das renommierte US-amerikanische National Renewable Energy Laboratory (NREL) sowie die Universität Oldenburg mit Quantenpunkten. Das Konzept beider Institute beruht auf dem der rein organischen Solarzellen aus Polymer und Fullerenen. Letztgenannte Moleküle ersetzen die Wissenschaftler jedoch durch Nanopartikel aus Blei- beziehungsweise Cadmium-Selenid, also anorganisches Material. In Oldenburg werden aus den Polymeren und Quantenpunkten derzeit Komposite unterschiedlicher Mischungsverhältnisse hergestellt, die mit elektrischen und optischen Untersuchungsmethoden charakterisiert werden. Das vielversprechendste Komposit soll dann näher betrachtet werden.		
23	Spannend ist schließlich auch ein Ansatz der Technischen Universität Darmstadt. Die Hessen versuchen unter anderem Zellen herzustellen, in denen Farbstoffmoleküle in hauchdünnen Siliziumschichten eingelagert sind. Die Idee ist, die guten Transporteigenschaften des Siliziums mit den guten Absorptionseigenschaften der Farbpigmente zu kombinieren. Zellen dieser Zusammensetzung zu produzieren, ist nicht leicht, denn die Farbstoffe sind extrem		

Abs	Neue Energie (1 / 2007)	Financial Times Deutschland (2.5.2007)	Abs
	<p>hitzeempfindlich und können beim Wachsen der Komposite leicht zerstört werden. Doch die Darmstädter haben einen (Niedertemperatur-)Weg gefunden: „Modellexperimente geben erste Hinweise auf den Energietransfer zwischen Pigmentschicht und Halbleiter“, erklärt Wolfram Jägermann, Leiter des Fachgebiets Oberflächenforschung des Fachbereichs Material- und Geowissenschaft. Ein weiterer Schritt sei nun, bessere, geschlossene Zellschichten zu produzieren. Danach wolle man sich daran machen, die angestrebte Effizienzsteigerung der Farbstoff-Silizium-Mixtur gegenüber reinen Halbleitermaterialien zu erreichen. „Hierfür“, so Jägermann, „sind aber viele weitere Optimierungsschritte erforderlich.“</p>		
24	<p>Die vielen Anstrengungen zeigen eins ganz deutlich. Die Nano-Technik wird kommen, und dies mit unterschiedlichsten Varianten.</p>	<p>Die Anstrengungen zeigen: Die Nanotechnik wird sich durchsetzen.</p>	
	<p>Nanosolar wird mit seinen CIGS-Zellen in Kürze den Anfang machen.</p>	<p>Nanosolar macht mit seinen CIGS-Zellen in Kürze den Anfang.</p>	