

Deutschlandfunk  
Forschung Aktuell

## **Strahlenfänger für Solarzellen**

Eine Faser aus Kohlenstoffnanoröhren konzentriert Licht

Autor: Ralf Krauter  
Redakteurin: Uli Blumenthal  
Länge: 4'00"  
Sendedatum: 29. 12. 2010  
Gesprächspartner: Dr. Michael Strano,  
Professor of Chemical Engineering,  
MIT Cambridge, MA

### **Moderation**

Konzentrierende Photovoltaik – unter diesem Schlagwort tüfteln Forscher seit Jahren an neuartigen Solarzellen, die die Sonnenstromernte einmal preiswerter machen sollen. Die Idee dahinter ist simpel: Effiziente Lichtwandler auf Halbleiterbasis sind kompliziert herzustellen und daher immer noch relativ teuer. Um Kosten zu sparen, wäre es deshalb verlockend, Sonnenstrahlen mit simplen optischen Strukturen zu bündeln, bevor man ihre Lichtenergie in Strom verwandelt. Plastiklinsen, die wie Brenngläser wirken, sind eine Option dafür – und entsprechende Konzentration-Solarzellen bereits auf dem Markt. Ein US-Chemiker schlägt nun aber viel filigranere Lichtfänger vor, die milliardenfach winziger sind. Ralf Krauter.

## Beitrag

### Autor

Der US-Amerikaner Michael Strano vom Massachusetts Institute of Technology bei Boston ist einer der führenden Experten für einen Werkstoff, dem Fachleute eine große Zukunft prophezeien: Die so genannten Kohlenstoffnanoröhren. Diese filigranen Makkaroni sind tausendmal dünner als ein menschliches Haar und finden sich heute bereits in Hockeyschlägern und Karosserie-Bauteilen. Michael Strano will damit künftig auch bessere Solarzellen bauen. Den ersten Schritt dazu hat er kürzlich in der Fachzeitschrift Nature Materials beschrieben: Einen speziellen Faden aus Kohlenstoff, der Licht einfängt und bündelt.

**Zuspiel 1:** O-Ton Strano, 22:50 – 23:20, 30s

*What we made was a carbon filament...*

### Übersetzer: Darüber

Wir haben aus rund 30 Millionen Kohlenstoffnanoröhrchen einen Faden hergestellt. Das Besondere daran: Die Kohlenstoffnanoröhren, die wir für die äußere Schicht dieses Fadens verwendet haben, haben andere optische Eigenschaften als die Nanoröhren im Kern der Faser. Das hat zur Folge, dass Licht, das die Faser trifft, förmlich in sie hinein gesaugt und konzentriert wird. Wir haben also eine Antenne, die Photonen absorbiert.

*...So photons can actually be absorbed by this antenna.*

### Autor

Die lichtfangenden Fasern sind vier Mikrometer dick, also vier Tausendstel Millimeter. Ihre optischen Eigenschaften so präzise einzustellen wie Michael Strano das jetzt gelungen ist, davon träumen Nanoforscher schon lange. Doch erst die technologischen Fortschritte der vergangenen Jahre machten das Kunststück möglich, erklärt der Chemikerprofessor.

**Zuspiel 2:** O-Ton Strano, 21:30 – 22:10, 40s

*This was an idea that was waiting for an advance in the field of CNT...*

### Übersetzer: Darüber

Wenn man Kohlenstoffnanoröhren industriell herstellt, entsteht eine bunte Mischung verschiedener Typen davon. Mittlerweile können wir aus diesem Sammelsurium aber gezielt einzelne Typen heraus sortieren. Auf diese Weise lassen sich Materialien mit genau definierten elektrischen und optischen Eigenschaften herstellen. Für Chemiker ist das eine spannende Zeit: Wir haben erstmals Kohlenstoffnanoröhren in hoher Reinheit zur Verfügung.

*...Now, I have a reagent that I can use with fairly high purity.*

### Autor

Bei den fadenförmigen Lichtantennen bestehen Kern und Mantel aus Kohlenstoffröhrchen mit unterschiedlichen optischen Merkmalen. Treffen Lichtteilchen auf die Hülle des Fadens, erzeugen sie dort Ladungsträger.

Und zwar in Form von Elektronen-Loch-Paaren, den so genannten Exzitonen – genau wie bei einer herkömmlichen Solarzelle.

**Zuspiel 3:** O-Ton Strano, 23:50 – 24:45, 45s

*And one of the things they like to do is to diffuse down this energy gradient in bandgap...*

**Übersetzer: Darüber**

Die Materialkombination ist so gewählt, dass die Exzitonen, einem Energiegefälle folgend, in die Mitte der Faser driften, wo sich Elektronen und Löcher dann wieder vereinigen und Licht aussenden. Die Lichtenergie wird also räumlich im Kern der Faser konzentriert. Für die Lichternte bietet das Vorteile. Man könnte diese antennenförmigen Strukturen auf konventionelle optoelektronische Bauteile aufbringen, um sie lichtempfindlicher und kompakter zu machen.

*... greatly expanding their bandwidth and their interfacial area.*

**Autor**

Verbesserte Nachtsichtgeräte und Teleskope wären ebenso denkbar wie handliche Solarpaneele auf Hausdächern, die von großformatigen Lichtantennen gespeist werden. Damit diese Visionen Wirklichkeit werden, hat Michael Stranos Team aber noch viel zu tun. Momentan gehen rund 13 Prozent der absorbierten Lichtenergie in den Faserbündeln verloren - für praktische Anwendungen zu viel. Aber: Neue Materialkombinationen könnten die Verluste der Lichtantennen schon bald auf unter 1 Prozent drücken, hofft Michael Strano. Und plant schon den übernächsten Schritt.

**Zuspiel 4:** O-Ton Strano, 30:40 – 31:00, 10s

*Could we put the solar cell into the core of the device itself? That's actually what we are interested in.*

**Autor**

Photonenfänger für konventionelle Solarzellen zu bauen, reicht ihm auf Dauer nicht. Seine Vision sind völlig neuartige Lichtwandler, bei denen die Solarzelle im Zentrum der Kohlenstofffaserbündel steckt.

Interview Strano

Ab 20:00 interessant, davor geht's um selbstheilende Solarzellen

// Nature Materials, 2010

21:30

*This was an idea that was waiting for an advance in the field of CNT, where we could finally fabricate and sort into their individual constituent components. The field had been making progress over the past few years. What's different today is that now my lab and a lot of labs around the world can isolate one kind of CNT and give you several of this. So you can actually build materials out of them. It's an interesting time to be in this field. It's a time, when many chemists start getting into this field saying: Now, I have a reagent, that I can use with fairly high purity.*

22:10

// Es war schwierig so weit zu kommen... die einzelnen Röhrrchen zu isolieren... Labors in der ganzen Welt haben dazu beigetragen, auch Forscher in Karlsruhe...

22:50

*What we made was a carbon filament, dielectrically assembled with CNT where each outer shell of CNT has a larger optical bandgap. Now that I can take one kind of CNT, I can use the large bandgaps for outer shells, go to successively smaller inner shells and make this filament, that actually concentrates photons in a fairly unique way. So photons can actually be absorbed by this antenna.*

23:20

And when this electromagnetic radiation interacts with the filament, it makes a quasi-particle, called an exciton. An exciton is like an electron-hole-pair, that can be fairly localised within the structure.

23:40

//Excitons are neat... like single particles... fairly neutral...

23:50

*They can diffuse. And one of the things they like to do is to diffuse down this energy gradient in bandgap. And so the excitons will diffuse to the center of this filament, where at this point, all they do is just: Recombine and send out photons. But it's a spatial and energy concentration. You can show, that you could spatially concentrate these excitons down to the core.*

24:15

*As a light-harvesting scheme, it holds some advantages. You could imagine these antenna structures parking themselves ontop of conventional optoelectronic devices, greatly expanding their bandwidth and their interfacial area.*

24:45

25:05

*Optical concentration schemes have been around since the 1970ies. Now, I think you're seeing those revived and also new ideas. They will play a big role in the future. There are advantages. Instead of having large area panels of all one kind of photovoltaic, we can make smaller devices, that have on top of them this type of impressive microlense structures or these other kinds of fluorescent concentrators. They have an advantage that you can embed your electronic devices into substrates that are cheaper and more robust. You can reduce cost and make systems more robust that way.*

25:55

*This is also a very modest step forward. The concentration scheme is new. It's something you can do with CNT. And it remains to be seen how it could be applied.*

26:10

// Die dielektrische Konstante nimmt nach Innen hin zu... Man regt aber auch Gitterschwingungen an... Man muss die Materialien genau aufeinander abstimmen... Die Bandlücken sind im nahen IR...

29:15

*It's a macroscopic fiber that you can hold in your hand. We used a combination. The outer shell would be the largest optical bandgap we could isolate, which was the 6-5-NT. And then we used progressively smaller bandgaps in the interior, with the idea that you get all of the optical emission out with the smallest bandgap. So it's a spatial concentration, but also an energy concentration.*

30:00

*So there may be application in optoelectronics like photosensors. You can imagine changing their bandwidth by sticking on an antenna, that can receive other photons and funnel them down to where the responsivity is largest.*

30:15

30:40

*Could we put the solar cell into the core of the device itself. That's actually what we are interested in. We would love to be able to couple an optoelectronic device directly to these concentrators. Because that's the central question worth asking. How does this concentration effect work, when you can dissociate the excitons into electrons and holes.*

31:00

// Exotischere Konzentratoren bauen, Simulationen verfeinern, das sind die nächsten Schritte...

. need