

## NANOTECHNOLOGIE

## Eine Folie für alle Lebenslagen

Ein simples Verfahren weist den Weg zur industriellen Verwertung von Nanotubes

Seit langem gelten Nanotubes, jene 1991 entdeckten röhrenförmigen Kohlenstoffmoleküle, als das große Talent der Nanomaterialien. Im Labor zeigen sie sich unglaublich vielseitig: als molekulare Transistoren, Dioden und Schalter, als Nanodüsen für Flüssigkeiten oder als Medikamentenfähren für neue medizinische Therapien. In der rauen Wirklichkeit konkreter Produkte müssen sie aber erst noch bestehen. Die Anwendung, die ihnen zum Durchbruch verhelfen dürfte, hat eine Gruppe von Chemikern um Ray Baughman von der University of Texas in Dallas entdeckt: ein simples Verfahren, wie sich Milliarden Nanotubes ganz leicht zu einer Folie verbinden lassen.

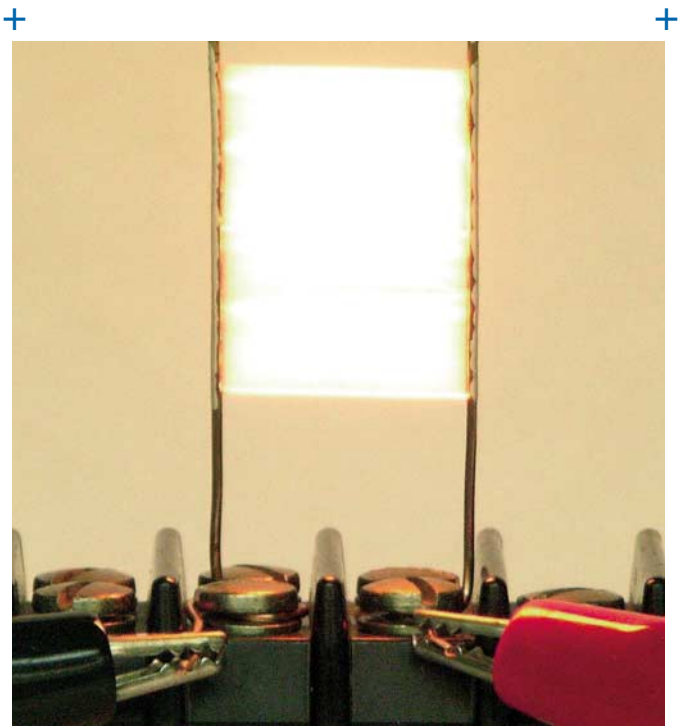
Die hat es in sich: leicht wie Schaumstoff, transparent wie Glas, reißfest wie Stahl, dazu knitterfrei, elektrisch leitend und obendrein noch als Licht- und Wärmequelle nutzbar. Eine Art eierlegende Wollmilchsau für Werkstoffkundler. „Wir haben es hier mit einem ganz neuen Material zu tun“, begeistert sich Ray Baughman über die zufällige Entdeckung. Wenn sich gasförmiges Acetylen in Gegenwart eines Katalysators auf einer Oberfläche ablagert, bildet sich ein Wald aus den winzigen Röhren, deren Durchmesser nicht mehr als 10 bis 15 Nanometer beträgt. Das bisherige Verfahren, um daraus Folien herzustellen, ähnelte eher der „altertümlichen Kunst des Papierschöpfens“, sagt Baughman. Die Nanotubes mussten verklebt, getrocknet und vom Untergrund abgepellt werden.

Baughman und seine Kollegen strichen stattdessen einfach mit dem klebrigen Ende eines Post-it-Notizzettels über den Rand eines Nano-Waldes. Einige Röhrchen blieben hängen und zogen weitere mit sich. Ohne Bindemittel bildete sich so eine transparente Folie. „Sie haben den magischen Punkt gefunden“, urteilt Ian Kinloch, Werkstoffkundler der Universität Cambridge. „Viele werden das mit dem Post-it jetzt in ihren Laboren versuchen.“

**Gut für schussichere Westen und Glühbirnen**

Die zunächst 18 Mikrometer starke Folie lässt sich chemisch auf eine Stärke von nur 50 Nanometer komprimieren. Stapelt man sie dann in mehreren Schichten zu einem Kunststoffsandwich, erhält man ein ungemein reißfestes Material, das dünne Stahl- und Aluminiumbleche übertrifft. Fließt Strom durch die Folie, beginnt sie zu leuchten. Die Lichtintensität beträgt ein Viertel des Tageslichts bei bedecktem Himmel. Weil dabei Wärme entsteht, könnte die Folie auch in biegsamen Heizstreifen verwendet werden. Weitere Einsatzgebiete sieht Baughman in organischen Leuchtdioden, künstlichen Muskeln oder Solarsegeln künftiger Raumsonden.

David Tomanek, Physiker und Nanotube-Experte an der Michigan State Uni-



**Leuchtstoff:** Fließt Strom durch die Folie, gibt sie weißes polarisiertes Licht ab; sie ließe sich auch als Heizung verwenden

versity, hält die Folie für den Kevlar-Nachfolger: „Schussichere Westen aus Kevlar verlieren ihre Stärke im Laufe eines Jahres durch den Einfall natürlicher UV-Strahlung. Nanotubes werden von UV-Licht nicht beeinflusst.“ Wegen der UV-Unbeständigkeit hat das Los Angeles Police Department eine Millionenklage gegen den Kevlar-Hersteller DuPont eingereicht.

Bereits 2004 entdeckte Baughmans Gruppe ein neues, wegweisendes Verfahren, um aus Nanotubes Fasern zu spinnen. Die seien jener „ideale Heizdraht aus Kohlenstoff, nach dem Thomas Alva Edison, der Erfinder der Glühbirne, vergeblich gesucht hat“, sagt Tomanek. „Denn Nanotubes sind chemisch beständig und haben einen viel höheren Schmelzpunkt als jeder Glühfaden aus Metall.“

Baughman hat bereits fünf verschiedene Patentanträge auf Nanotube-Folien und -Fäden eingereicht und ist mit verschiedenen Herstellern im Gespräch über eine kommerzielle Produktion. Lawrence Gasman, Analyst bei NanoMarkets Research, schätzt, dass in spätestens fünf Jahren der erste Umsatz mit dem neuen Material gemacht wird. NIELS BOEING

**Meterweise**

Ein Nanotube-Wald von einem Zentimeter Länge und 245 Millimetern Höhe enthält genug Material für einen drei Meter langen Folienstreifen. Gegenwärtig können die Forscher aus Dallas sieben Meter Folie pro Minute produzieren. Zum Vergleich: Die besten Wollspinnmaschinen schaffen nicht mehr als 20 Meter Faden pro Minute.