

Kohlenstoff-Nanoröhrchen, auch Carbon Nanotubes genannt, sind extrem stabil, elektrisch leitfähig und leicht. Sie verstärken Kompositwerkstoffe, ermöglichen neue Flächenheizungen oder Mikroaktuatoren.

■ Carbon Nanotubes, kurz CNTs, gehören derzeit zu den Lieblingsthemen von Werkstofftechnikern. Kein Wunder, denn selbst gegenüber Karbonfasern weisen CNTs eine um den Faktor 17 höhere spezifische Festigkeit auf. Drastisch fällt auch der Vergleich mit Stahl aus: CNTs wiegen nur ein Viertel, sind aber fünf Mal mechanisch belastbarer. Damit ermöglichen CNTs nicht nur neue, hochfeste Verbundwerkstoffe, sondern aufgrund ihrer elektrischen Leitfähigkeit auch antistatische Folien, elektronische Bauteile, Materialien zur Abschirmung elektromagnetischer Wellen, stabilere Batterien, transparente Flächenheizungen oder kraftvolle Aktuatoren.

Steife und leichte Sportgeräte

Erste mit CNT verstärkte Produkte befinden sich bereits auf dem Markt, vornehmlich im Sportartikelbereich. So hat beispielsweise der finnische Skierhersteller Peltonen seit 2007 die beiden Langlauf-Rennski „Supra-X“ und „Infra-X“ im Programm, die erheblich leichter und

eher zufällig im Jahre 1991 entdeckt. Die Atome sind wabenartig in sechseckigen Gittern angeordnet, das Ganze dann röhrenförmig aufgerollt. Solche räumlich vernetzten Kohlenstoffkonstrukte sind hochstabil, wie man vom Diamanten her weiß. Der Durchmesser liegt bei 1–50 Nanometern, die Dichte bei etwa 1,4 Gramm/Kubikzentimeter – zum Vergleich: Stahl hat eine Dichte von 7,8 Gramm/Kubikzentimeter. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen ein- und mehrwandigen sowie zwischen offenen und geschlossenen Typen. Noch sind weltweit nur wenige Unternehmen in der Lage, CNTs in größeren Mengen und ausreichender Qualität zu produzieren, weshalb die Preise noch exorbitante Dimensionen erreichen: Ein Kilogramm einwandiger CNTs kostet etwa 1.000 Euro, so genannte Multiwalls rund 300 Euro. Zu den Herstellern gehört auch Bayer MaterialScience. 2007 hat das Unternehmen eine neue Pilotanlage angefahren, die jährlich 30 Tonnen der mehrwandigen „Baytubes“ synthetisieren soll. Studien jedoch erwarten in den nächsten Jahren einen weltweiten Jahresbedarf von mehreren tausend Tonnen, weshalb man bei Bayer MaterialScience auch bereits den Ausbau auf 3.000 Jahrestonnen anstrebt.

Bucky Paper und Heizscheiben

„Carbon Nanotubes befinden sich an der Schwelle zum industriellen Einsatz“, sagt Dominik Nemeč von der Fraunhofer-Technologie-Entwicklungs-

zwischen 24 Volt und 230 Volt als Heizelemente dienen. Auf Dauer hält das Material bis zu 150 Grad Celsius aus, bei ausreichender Wärmeabfuhr kurzzeitig sogar 250 Grad Celsius – allerdings sind derlei Leistungen nur bei Spannungen um 230 Volt realisierbar.

Durch dispergierende Verteilung der CNTs in Siliconen gelang es, Griffheizungen für Motorräder zu entwickeln, die eine gleichmäßige Temperaturverteilung über den gesamten Griff aufweisen und weniger Energie verbrauchen. Und dann ist da noch das Projekt, eine transparente Heizbeschichtung zu entwickeln. Momentan sind Nemeč und seine Kollegen in der Lage, eine Beschichtung mit 60 Prozent Transparenz herzustellen, die einen Widerstand von etwa 60 Ohm/Quadratmeter besitzt. Momentan mit 60 Volt betrieben ergeben sich Leistungen von 0,04 Watt/Quadratmeter und Temperaturen von 60 Grad Celsius. Daher zielt die Entwicklung auf lösemittelfreie Bindemittel, eine 90-prozentige Transparenz und einen Widerstand von 20 Ohm/Quadratmeter. Damit sind dann höhere Leistungen bei geringeren Spannungen machbar – angepeilt ist der Bereich von 24 bis 48 Volt. Einsatzbereiche könnten Badezimmerspiegel oder Fahrzeugscheiben sein, die beschlag- und eisfrei bleiben. Weil die Beschichtung wie auch die enthaltenen CNTs so gut wie keine Wärme speichern, heizen sie schnell auf und kühlen auch wieder

rasch ab – das erleichtert die exakte Temperaturführung.

Minimuskeln aus CNTs

CNTs faszinieren mit einer weiteren Eigenschaft: Sie verändern ihr Volumen in Längsrichtung, wenn Spannungen zwischen einem und fünf Volt angelegt werden. Damit könnten dereinst CNTs in Mikroaktuatoren für Bewegung sorgen, beispielsweise in Implantaten oder technischen Mikrosystemen. Verglichen mit Piezoelementen sind Längenänderung und auch Kraft deutlich größer. Derzeit jedoch sind die Versuchsaktuatoren noch zu langsam. Armin Scharf

Links

www.teg.fraunhofer.de
www.baytubes.com
www.carbon-nanofiber.com
www.amroyinc.com/hybtonite
www.exel-d.de
http://peltonski.fi

steifer als vergleichbare Modelle sind. Peltonen nutzt für den Sandwichtaufbau das ebenfalls aus Finnland stammende Epoxidharz „Hybtonite“, dessen Epoxigruppen laut Hersteller in der Lage sind, mit den CNTs so genannte kovalente Bindungen einzugehen, also extrem stabile chemische Verbindungen. „Hybtonite“ ermöglicht so um 20 bis 30 Prozent leichtere Verbundwerkstoffe, die zudem eine bessere Bruchdehnung und Stoßabsorption zeigen. Das gleiche Material nutzt der Floorball-Stock „Ntech“ von Exel, der um 30 Prozent steifer als andere Stöcke ist. CNTs finden sich aber auch in Profi-Eishockeyschlägern von Montreal Hockey, in einem Tennisschläger von Völkl oder in Rotorblättern von Windkraftanlagen.

Reiner Kohlenstoff

Carbon Nanotubes bestehen ausschließlich aus Kohlenstoffatomen und wurden

gruppe TEG in Stuttgart. Nemeč ist einer der führenden Köpfe bei der Nutzbarmachung von CNTs für elektrische Anwendungen. Denn mit dem Einsatz in Verbundwerkstoffen ist das Potenzial der kleinen Röhrchen noch lange nicht erschöpft. CNTs leiten über ihre Oberfläche Strom – diese Eigenschaft erlaubt zum Beispiel leitfähige und damit einfacher lackierbare Kunststoffbauteile. Möglich sind auch Textilien mit elektromagnetischer Abschirmung oder dünne Flächenheizungen. „Wir arbeiten daran, Anwendungsmöglichkeiten zu finden“, erläutert Nemeč die TEG-Aktivitäten. Da wäre beispielsweise das „Bucky Paper“, ein papierähnliches Material aus Zellulose und zufällig angeordneten CNTs, das die Verarbeitung der Röhrchen vereinfacht. Die verformbaren schwarzen Blättchen lassen sich in Harze einlaminiert, können aber auch durch Anlegen einer Spannung



Pilotanlage zur Produktion von CNTs bei Bayer MaterialScience. Hinten der Kopf des Reaktors.

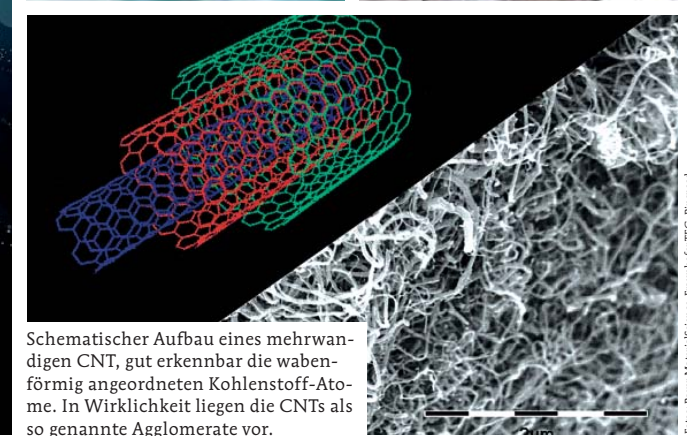


Für Völkl entwickelte das Fraunhofer-TEG diesen inzwischen in Serie produzierten Tennisschläger – besonders beanspruchte Partien wurden mit CNTs im Komposit verstärkt und damit auch die Dämpfung verbessert.

Sport als CNT-Vorreiter: Ein von Entropy Research Labs entwickeltes Surfbrett aus CNTs und Spezial-Epoxidharz. Der Verbundwerkstoff macht das Brett leichter und widerstandsfähiger. Gleiches gilt für Ski-Entwicklungen von Axunn.



Ein ganz besonderes Amphibienfahrzeug stellt Rinspeed auf dem Genfer Autosalon vor: „Squba“ taucht bis zehn Meter tief, seine Karosserie besteht aus leichtem, mit CNT verstärktem Kunststoff.



Schematischer Aufbau eines mehrwandigen CNT, gut erkennbar die wabenförmig angeordneten Kohlenstoff-Atome. In Wirklichkeit liegen die CNTs als so genannte Agglomerate vor.