

Schichtarbeit

Die Kohlenstoffverbindung Graphen gilt als Wundermaterial, das die Herstellung von High-tech-Geräten aller Art revolutionieren könnte. Auch junge österreichische Wissenschaftler sind auf den neuen Forschungszweig spezialisiert.

VON RAINER HIMMELFREUNDPOINTNER

In der Welt der Wissenschaft ist die Story, wie der Nobelpreisträger Andre Geim das neue Wundermaterial Graphen an der Universität von Manchester 2003 erstmals isolierte, inzwischen Legende: Das Team um den aus Russland stammenden Physiker untersuchte damals den elektronischen Feldeffekt in sehr dünnen Materialschichten, darunter Graphit. Mit herkömmlichen Methoden konnten jedoch nicht ausreichend dünne Schichten – deutlich unter zehn Mikrometer – hergestellt werden. Worauf Geim zu einem absurd anmutenden Trick in Form eines handelsüblichen Klebebandes griff. Mit so einem „Scotch-Tape“ löste er einen feinen Graphitfilm ab und teilte ihn derart wieder und wieder, bis eine praktisch atomdünne Schicht übrigblieb. Das war die Geburtsstunde von Graphen.

Die Gruppe um Geim, vor allem sein ehemaliger Schüler Kostya Novoselov von der TU Moskau, begann in der Folge die erstaunlichen Eigenschaften der bienenwabeförmigen Kohlenstoffverbindungen, die inzwischen Forschung und Industrie entzücken, zu untersuchen und publizierte die Ergebnisse 2004 in der Fachzeitschrift „Science“. Im Oktober 2010 erhielten Geim und Novoselov für ihre Entdeckungen die höchste wissenschaftliche Auszeichnung und werden seither in der Physikergemeinde als Superstars gehandelt.

Ebenso hat sich um Graphen einer der größten Forschungshypes der jüngeren Wissenschaftsgeschichte entwickelt, durchaus vergleichbar mit jenem um den Halbleiter Silizium in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts. Seit etwa zwei Jahren steigt die Zahl der einschlägigen Wissenschaftspublikationen rasant und dürfte sich heuer bei insgesamt deutlich mehr als 15.000 einpendeln.

Mit der Entscheidung des österreichischen Wissenschaftsfonds Anfang Juli, den diesjährigen renommierten „Start-Preis“ für Physik an den TU-Wien-Photoniker Thomas Müller zu vergeben, wird auch hierzulande erstmals offiziell demonstriert, dieser Entwicklung Rechnung zu tragen. Dank der Auszeichnung, die im November verliehen wird und mit 1,2 Millionen Euro dotiert ist, kann der 36-jährige TU-Assistent Müller in den kommenden sechs Jahren seinem Plan nachgehen, „auf Graphen basierte optoelektronische Bauelemente zur Erzeugung, Detektion und Mo-

Wissenschaftspublikationen zu Graphen weltweit



MAHDI POURFATH (LI.), THOMAS MUELLER
Der Wiener Photoniker und Ex-IBM-Forscher Thomas Müller erhält für seine Graphen-Arbeiten den diesjährigen Start-Preis für Physik.

dulation von Licht“ zu entwickeln. In der Sensor- und Nachrichtentechnikindustrie werden in dieses Forschungsgebiet weltweit bereits Unsummen investiert.

„Vor zwei Jahren sind die ersten Graphen-Projekte bei uns eingelangt“, sagt Mario Mandl, Start-Verantwortlicher beim Wissenschaftsfonds, der heuer über ein Förderbudget von rund 175 Millionen Euro verfügt. „Derzeit liegen 13 auf Graphen bezogene Anträge von arrivierten österreichischen Forschern vor, von denen heuer vier im Rahmen des Start-Programms, zusätzlich zum Hauptpreis, mit jeweils zirka 250.000 Euro für drei Jahre unterstützt werden.“

Der Experimentalphysiker Andreas Tröster von der TU Wien etwa will auf Basis des von seinem Team entwickelten „Fourier Monte Carlo Algorithmus“ die „Bildung von intrinsischen Oberflächenwellen“ bei Graphenmembranen erforschen. Josef Redinger vom TU-Institut für angewandte Physik wird „magnetische Wechselwirkungen“ von atomdünnen Graphen-

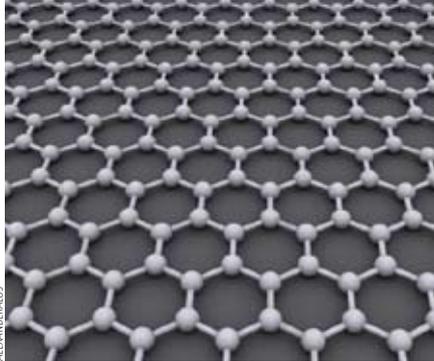
schichten auf metallischen Trägermaterialien erkunden, in diesem Fall meist Nickel. Der Mikroelektroniker Hans Kosina, ebenfalls TU-Wien, wird sich wie Müller mit der Entwicklung von graphenbasierten „Feldeffekttransistoren“ und Photodetektoren befassen. Und Thomas Pichler vom Institut für Experimentalphysik an der Uni Wien plant, „eine alternative Herstellungsmethode von hochwertigem und großflächigem isolierten Graphen zu etablieren“ – im Wettlauf um industrielle Anwendungen des neuen „Wunderstoffes“ („Science“). Neben diesen aktuellen Projekten kam der Linzer Physiker Stefan Janecek, der inzwischen von der Johannes-Kepler-Universität an das „Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid“ gewechselt ist, bereits 2009 in den Genuss eines mit knapp 100.000 Euro dotierten Schrödinger-Stipendiums

„Graphen könnte die Welt vor einem wirtschaftlichen Desaster retten. Denn meist geht technologischer Fortschritt mit ökonomischem Wachstum einher.“

Vladimir Falco
Universität Lancaster

für seine Graphenstudien.

All dies mag abstrakt und sperrig klingen – doch wer glaubt, dass es sich bei den aktuellen Graphenforschungen um Hirn-ge-spinste aus den Elfenbeintürmen der Physik handelt, irrt gewaltig. Nobelpreisträger Geim fasste die Bedeutung dieser Disziplin am Rande der diesjährigen „Graphen-Week“, zu der sich zu Ostern rund 120 Top-Spezialisten aus aller Welt im Tiroler Obergurgl einfanden, so zusammen: „Wir haben es mit einer neuen Wissenschaft zu tun. Viele Eigenschaften haben wir noch gar nicht verstanden, weil sie bisher gültiges Schulwissen über den Haufen werfen. Aber die Einsatzmöglichkeiten von Graphen scheinen grenzenlos. Einige davon, etwa flexible, transparente und mikroskopisch kleine elektronische Geräte, liegen bereits auf der Hand. Von vielen wa- ▶



ALEXANDERBAUTS



Unternehmergeist + Forschergeist =



www.bmwf.gv.at

80 Millionen Euro Offensivmittel jährlich stellt das Wissenschaftsministerium in den Jahren 2010 bis 2015 für den heimischen Wissenschafts- und Forschungsstandort zur Verfügung. Wenn Unternehmergeist und Forscherdrang aufeinandertreffen, ist eine Neugründung meist nicht weit. Ob die Firma MED-EL mit einem Cochlear-Implantat oder Valentine Trail mit dem Unternehmen SuperTEX und völlig neuen Verbundstoff. Hunderte österreichische Spin-offs setzen mit ihren Entwicklungen international neue Maßstäbe. Die geballte Forschungs- und Innovationskraft der österreichischen Universitäten ist ein wichtiger Impulsgeber für die heimische Wirtschaft. Erfolgreiche Spin-offs erfahren aber oft nicht genug Beachtung. Der Phönix Preis 2012 soll das ändern.



Um die Verbindung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft noch stärker bewahrt und öffentlich zu machen, zeichnet Bundesminister Dr. Karlheinz Tiroler diese jungen, innovativen Unternehmerinnen und Unternehmer mit dem „Phönix Preis 2012 – Gründungen mit Zukunft“ aus. Folgende Kategorien werden vergeben:

- Phönix für junge Unternehmen
- Phönix Frauen für innovative Unternehmerinnen
- Phönix Junior für Newcomer/innen mit besonders aktuellen und innovativen Themen

Der Phönix Preis wird erstmals 2012 verliehen, die Ankündigung erfolgt im Rahmen der Technologiegasparthe am 24. August in Alpbach.

Hightech-Tixo

Auch österreichische Forscher arbeiten an modernen Methoden zur Herstellung von Graphen.

Die mechanische Aufspaltung von Graphit in ultradünne Graphenschichten, wie sie der Nobelpreisträger Andre Geim (Foto) und sein Team mit der Klebebandmethode erfanden, ist zwar in der Grundlagenforschung nach wie vor gängige Praxis, auf industrieller Ebene aber seit etwa 2009 durch die „Chemical Vapor Deposition“ (CVD) abgelöst worden. Im Prinzip wird dabei Graphen auf einer Trägersubstanz, etwa aus Kupfer, Nickel, Silizium oder Bornitrit, durch den Einsatz von Kohlenstoffgas unter Druck und Hitze zum Wachstum angeregt. Die Trägersubstanz wird dann weggeätzt – ein Verfahren, das laufend verbessert wird und an dem auch die Wiener Physiker Thomas Pichler und Josef Redinger arbeiten. Übrig bleibt eine Schicht aus winzigen Graphenkristallen, die auf einer nahezu ebenso dünnen Klebefolie fixiert ist. Die CVD-Anlagen ermöglichen bereits heute die Herstellung von größeren Mengen Graphen (Schichten über einen Quadratmeter) zu akzeptablen Kosten. Aktueller Preis 2004 pro Quadratzentimeter: etwa 1,5 Dollar, ein Bruchteil der früheren Produktionskosten.



gen wir noch gar nicht zu träumen. Es könnte eine technologische Revolution bevorstehen, die völlig neue Produkte und Anwendungen bringt und die Dinge, die uns umgeben, grundlegend verändert.“

Der Mikroelektroniker Tomas Palacios vom Massachusetts Institute of Technology schwärmt gar von einer „kommenden industriellen Revolution, die ähnliche Dimensionen haben könnte wie die Entdeckung und Nutzung des Halbleiters Silizium“. Und einer der wissenschaftlichen Schirmherren des Obergurgl-Seminars, Vladimir Falko von der Universität Lancaster, ist überzeugt: „Graphen könnte die Welt vor einem wirtschaftlichen Desaster retten. Denn meist geht technologischer Fortschritt mit ökonomischem Wachstum einher.“

Der Grund für diese Begeisterung liegt in den viel versprechenden Eigenschaften dieses Stoffes. Graphen besteht aus hexagonalen Kohlenstoffverbindungen in atomarer Dimension im Abstand von jeweils 0,142 Nanometer. Es ist eine ultradünne, extrem flache Teilschicht von Graphit – eines Rohstoffs, der auf der Welt praktisch

unbegrenzt und zu Spottpreisen vorhanden ist. Bis zur Entdeckung von Geim und Novoselov dachte die Wissenschaft, dass es nur drei natürliche Formen solcher Kohlenstoffverbindungen gibt: die fußballförmigen Fullerene, zylindrische Nanotubes und Graphit oder Diamant.

Die Isolierung von Graphen, der bienenwabenförmigen Kohlenstoffschichten, hat die Fachwelt, die inzwischen auf weltweit mehr als 70.000 Forscher angewachsen ist, in ein regelrechtes G-Fieber versetzt: Denn dieses Material ist ein perfekter elektrischer Leiter. Es ist etwa 200 Mal stärker und reißfester als Stahl. Es ist fast transparent, weil es nur 2,3 Prozent des Lichts absorbiert. Und es lässt sich nach Belieben rollen, falten und formen, ohne zu brechen.

Die potenziellen Anwendungsmöglichkeiten von Graphen sind enorm und konzentrieren sich derzeit auf die Entwicklung von transparenter, flexibler Mikroelektronik. So sollen auf Graphen basierende Minielektroden, Transistoren oder komplette Prozessoren Hightech-Geräte schneller und leistungsfähiger machen. IBM stellte bereits im Herbst 2010 den Prototyp eines Graphen-Chips mit einem 100-Gigahertz-Transistor vor. Diese Hochfrequenzeigenschaften von Graphen sollen vor allem bei neuen, extrem empfindlichen Sensoren, beispielsweise bei Radargeräten oder Bodyscannern, zur Anwendung kommen. Auch könnten bestehende Werkstoffe durch die Beimengung von Graphen här-

ter, leichter und widerstandsfähiger werden, was wie Musik in den Ohren von Auto- und Flugzeugherstellern sowie der Militärs klingt.

Am stärksten hat allerdings die Tatsache, dass selbst dünnste Schichten nahezu beliebig formbar sind, ohne zu brechen, vor allem die Hersteller von Bildschirmen aller Art auf den Plan gerufen, allen voran die südkoreanischen Industriekonzerne Samsung und LG. Das 50-Millionen-Einwohner-Land erwirtschaftet etwa 30 Prozent seines Bruttoinlandsprodukts in Höhe von rund 1532 Milliarden Dollar mit der Produktion und Lieferung von Screens und Displays an Endgerätehersteller wie Sony, Nokia und Apple.

Hauptbestandteil all dieser Bildschirme ist das so genannte Indium-Zinnoxid, das als transparenter Leiter zur Bildgebung dient. Diese Substanz mit dem Kürzel ITO hat aber zwei Nachteile: Sie braucht ein stabiles Gehäuse, weil sie sehr leicht bricht. Und sie ist wegen des raren Bestandteils Indium, das weltweit zu rund 70 Prozent in China gefördert wird, das seine Quasimonopolstellung weidlich ausnützt, immens teuer.

Der Graphenforscher Bjung Hee Hong von der Sungkyunkwan-Universität in Seoul fasst die koreanische Forschungsstrategie so zusammen: „Graphen ist für uns der ideale Ersatz für ITO, es könnte sogar Silizium substituieren. Deswegen wird Korea bis 2018 die Grundlagenforschung von Graphen und die Entwicklung von Anwendungen in den Bereichen Displays und flexibler Elektronik mit rund einer Milliarde Dollar fördern.“ Laut Bjong Hee, dessen Regierung den Weltmarkt für Graphen im Jahr 2030 auf rund 600 Milliarden Dollar schätzt, sollen flexible, formbare Bildschirme aus koreanischer Herstellung, etwa bei TV-Geräten oder Smartphones, bereits 2014 auf den Markt kommen.

„Graphen wird eine technologische Revolution auslösen, völlig neue Produkte hervorbringen und die Dinge, wie wir sie kennen, grundlegend ändern.“