

Die Superkohle



Biigsamer Bildschirm.

Dank der erstaunlichen Eigenschaften von Graphen werden die Fernsehscreens der Zukunft faltbare und rollbare Folien sein, in die die Bedienelemente mit Berührungssensoren integriert sind. Prototypen existieren bereits, die Marktreife soll 2014 erreicht sein.

MICHAEL RAUSCH-SCHOTT

WERKSTOFFE. Spätestens seit der Verleihung des Nobelpreises 2010 für die Herstellung von Graphen gilt diese Spielart des Kohlenstoffs als Wundermaterial, das die Welt nachhaltig verändern könnte. Ist was dran an dieser Utopie? Von Rainer Himmelfreundpointner

Stellen Sie sich vor, Sie sitzen entspannt im Kaffeehaus und blättern in Ihrer Lieblingszeitung. Plötzlich verwandelt sich das Bild zum Bericht über einen NATO-Einsatz in Nordafrika in ein Video, das den Angriff eines Kampfflugs aus der Sicht des Piloten zeigt. Nach dem vernichtenden Treffer ändert sich die Headline der Story in einen News-Flash und meldet sekundenaktuell die Kapitulation des attackierten Regimes.

Sie blättern ein paar Seiten weiter – freilich nur virtuell, denn Sie halten ja eine leuchtende Folie in Händen – und landen im Kulturteil. Weil draußen ein Sturm aufzieht, wie Ihnen auch der Wettersensor Ihres Handys bereits verraten hat, ändert sich das Sujet eines Modelabel-Inserats. Der in der Anzeige eingebettete Iris-Scanner bemerkt Ihre Aufmerksamkeit und blendet ein Regenmantelangebot inklusive Wegbeschreibung zum nächsten Shop sowie eine Online-Voice-Bestellungs-Option ein. Da Sie durch einen kleinen Wischer Ihrer Hand kein Interesse zeigen, geht die Werbung in den freundlichen Stand-by-Status zurück.

Langsam verdunkelt das Unwetter die Sonne, und Ihre Zeitung wechselt lautlos von Solar- in Batteriebetrieb. Gerade rechtzeitig zum Anstoß des lokalen Fußballderbys. Flugs schlagen Sie das Sportressort auf, überspringen Herbert Prohaskas Live-Strategieanalysen auf Sky Österreich, falten das Blatt auf handliches TV-Bildschirm-Format und platzieren über den auf jeder Seite integrierten Touchscreen noch schnell eine Wette auf Ihr Lieblings-

team. Als das erste Tor fällt, bekommen Sie Appetit auf eine Torte, doch ein kurzer Check Ihres unter der Haut implantierten Bio-Scanners zeigt, dass Ihre Blutzuckerwerte zu hoch sind.

Fast gleichzeitig fallen zwei Gegentore, Wette und Torte sind im Eimer, und Ihre Wut steigt. Erbstolz wollen Sie die Folie zerreißen, doch die ist stärker als Stahl. Sie hinterlassen sie zerknüllt doch unbeschädigt auf dem Tisch, der die Rechnung durch einen eingebauten Radio-Frequency-Identification-Chip von Ihrer Kreditkarte abgebucht hat, und machen sich auf den Weg nach Hause. Draußen ist es dunkel geworden. Zu allem Ärger fällt auch noch die Straßenbeleuchtung aus, weil ein Blitz ins Hauptspannungswerk eingeschlagen hat. Bis die neuen Megaspeicher des Energieversorgers anlaufen, dauert es ein paar Augenblicke, also geht Ihre Brille automatisch in den praktischen Nachtsichtmodus. So versäumen Sie auch nicht den Ausgleich Ihres Teams, der gerade auf einem runden Litfaßsäulen-Screen wiederholt wird.

Zukunftsvision. Alles drittklassige Science-Fiction? Den kruden Vorstellungen eines technologievernarrten Hirns entsprungen? Eine unrealistische Mixtur aus „Big Brother“ und „Minority Report“? Völliger Hollywood-Humbug also? Nicht unbedingt. Wenn es nach den Vorstellungen einer inzwischen Zigtausende Wissenschaftler umfassenden Forschergemeinde geht, unter ihnen Nobelpreisträger Andre Geim, könnte diese Utopie >



Graphen-History. Verglichen mit anderen technologischen Entwicklungen, ist der Schritt vom Rohstoff in Form eines Graphitbrockens (links) zu einer atomdünnen Graphen-Schicht (rechts in einer Mikroskopaufnahme) relativ schnell erfolgt. Zuerst haben misslungene Kernenergieversuche in den vierziger Jahren, bei denen Graphit eingesetzt wurde, zu Untersuchungen über das Verhalten dieses Materials geführt. Dabei ist nicht viel herausgekommen, und die Wissenschaft hat sich anderen Fragen gewidmet. Erst durch die Isolierung von Graphen durch Andre Geim 2004 hat ein regelrechter Boom eingesetzt. Der Nobelpreisträger schätzt, dass inzwischen zirka 10.000 wissenschaftliche Arbeiten zu Graphen publiziert wurden, in die rund eine Milliarde Dollar investiert wurde.



Leistungsstarker Zwerg. Dieser Prototyp eines Graphen-Chips ist mit 100 Gigahertz getaktet.

Was Graphen kann

Bereits die Basiseigenschaften versetzen Forscherwelt und Industrie in Entzücken.

- > **Die Atomstruktur.** Graphen ist eine 1-Atom-dicke flache Kristallschicht aus sechseckigen Kohlenstoffverbindungen. Etwa drei Millionen Graphen-Schichten übereinander ergeben ein rund einen Millimeter dickes Graphitstück. Graphen ist zweidimensional, hat also kein Volumen, aber zwei Oberflächen. Graphen lässt sich in null-dimensionale Fullere (kugelförmig) formen, in eindimensionale Nanotubes (zylindrig) rollen oder zu dreidimensionalem Graphit verpacken.
- > **Die Leitfähigkeit.** Innerhalb einer Graphen-Schicht sind Elektronen ohne Masse, stoßen auf weniger Widerstand als in Silber und bewegen sich selbst bei Zimmertemperatur wie in einem Supraleiter. Damit ist Graphen einer der besten Leiter von Elektrizität und Wärme und ermöglicht Übertragungsgeschwindigkeiten, die mindestens zehnmal höher sind als jene bei Kupfer.
- > **Die Lichtdurchlässigkeit.** Die ein Atom dünne Graphen-Schicht absorbiert lediglich 2,3 Prozent des weißen Lichts, ist also nahezu transparent. Diese optische Eigenschaft lässt sich außerdem elektromagnetisch auf und ab modulieren.
- > **Die Festigkeit.** Während Graphit senkrecht zu den Schichten sehr weich ist und daher ideal etwa für Bleistiftminen oder Schmiermittel, weist Graphen eine extreme Härte auf. Seine Atombindungen sind so stark wie im Diamant, die Zug- oder Reißfestigkeit etwa 200-mal höher als jene von Stahl.
- > **Die Stärke.** Obwohl ein – derzeit nur theoretisch herstellbarer – Quadratmeter einer Graphen-Schicht lediglich 757 Gramm wiegen würde, wäre er erstaunlich stark. Das Gewicht einer Katze auf einer Hängematte aus Graphen würde das Netz nicht zum Reißen bringen. Man kennt kein Material, das über eine höhere mechanische Stärke verfügt und gleichzeitig so flexibel ist.

tatsächlich Realität werden. Wie ernst dies zu nehmen ist, lässt sich an den Milliardenbeträgen erahnen, die Multis wie IBM oder Samsung, aber auch staatliche Institutionen wie die Defense Advanced Research Projects Agency des US-Verteidigungsministeriums in derartige Technologien und deren Anwendungen stecken.

Das Wundermaterial, das solche Spielereien und noch viel mehr ermöglichen soll, heißt Graphen. Das ist eine kristallklare, atomdicke Kohlenstoffschicht in Form von Bienenwaben. Oder anders gesagt: eine ultradünne, flache Teilschicht von Graphit, ein Rohstoff, der auf dieser Welt praktisch unbegrenzt und zu Spottpreisen vorhanden ist. Zwar war die Existenz von Graphen, wenn auch unter anderem Namen, theoretisch seit Langem bekannt. Doch hat die Wissenschaft noch bis vor wenigen Jahren angenommen, dass es unmöglich wäre, es herzustellen. Man ging davon aus, dass es nur drei Formen von Kohlenstoff gibt: kugelförmige Fullere, zylinderförmige Nanotubes und die gewohnten dreidimensionalen Spielarten wie Graphit und Diamant.

Erst als es dem Wissenschaftler Andre Geim und seinem Schüler Konstantin Novoselov 2003 gelang, eine winzige, zweidimensionale Graphen-Schicht, so genannte Flocken, mittels Klebeband von einer Bleistiftmine zu isolieren, das Fachblatt „Nature“ ihren Bericht nach mehreren ungläubigen Ablehnungen 2004 endlich veröffentlichte und die beiden im Oktober vorigen Jahres für diese Entdeckung den Nobelpreis für Physik entgegennehmen durften, ist nicht nur in Fachkreisen ein regelrechtes Graphen-Fieber ausgebrochen. Denn dieses Material besitzt ganz erstaunliche Eigenschaften: Es ist ein perfekter elektrischer Leiter. Es ist 200-mal stärker und reißfester als Stahl. Es ist praktisch transparent, weil es bloß 2,3 Prozent

JAMES KING-HOLMES, JANNIK C. MEYER / DPA / PICTURESK.COM

Die wichtigsten Graphen-Anwendungen

Noch sind Produktentwickler, Ingenieure oder Erfinder gar nicht am Werk. Doch Graphen-Produkte, schätzt die Fachwelt, eröffnen immense Märkte.



BILDSCHIRME. Graphen gilt als idealer Ersatz für Indium-Zinnoxid (ITO), den Stoff, der momentan die Elektronen auf die Punkte eines

Screens leitet, sodass Bilder entstehen können. ITO hat zwei Nachteile: Es ist wegen der Seltenheit von Indium sehr rar und teuer. Außerdem bricht es leicht. Dank Graphen werden sich Schirme falten, rollen oder knüllen lassen. Marktreife: ab 2014.



HANDYS. Was für TV-Bildschirme gilt, lässt sich beim Handy so wie allen anderen Screens ebenfalls anwenden. Allerdings stehen

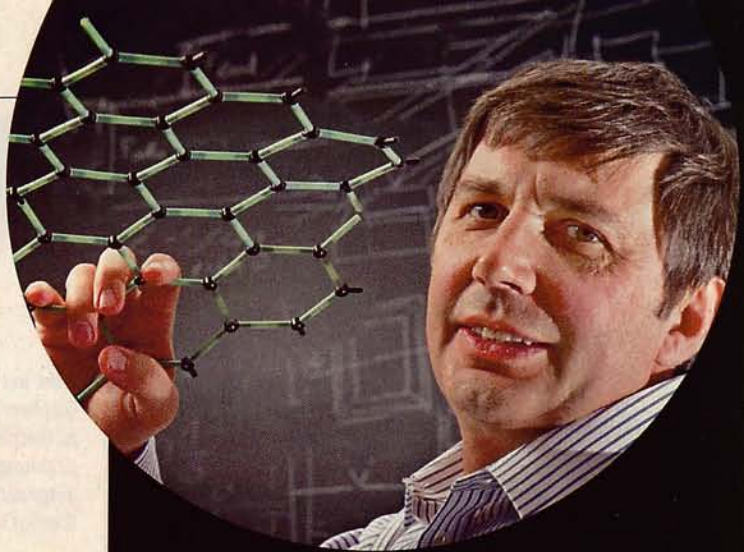
hier weniger die haptischen Möglichkeiten im Vordergrund, sondern die Hochfrequenzeigenschaften von Graphen. Man erhofft sich schnellere Übertragungsraten und zusätzliche Sensorfunktionen für die Mobiltelefone. Marktreife: ab 2015.



TRANSISTOREN. Diese Anwendung kommt dem Heiligen Gral gleich: Wenn es gelingt, Transistoren mit einer Schaltrate von 100 Giga-

hertz und mehr industriell herzustellen und diese in Massenchips zu verpacken, könnte das „Zeitalter nach Silizium“ eingeläutet werden. Zwar schließt die Fachwelt dies nicht aus, rechnet jedoch mit Widerstand der Halbleiterindustrie. Marktreife: offen.

Zur Person: Andre K. Geim wurde 1958 in Sotschi am Schwarzen Meer als Sohn von Wolga-Deutschen geboren und hat bis 1987 an der beinharten Moskauer Eliteuniversität „Institut für Physik und Technologie“ Festkörperphysik studiert. Beim mündlichen Aufnahme-test errechnete er zum Erstaunen der Prüfer das Gewicht der Erdatmosphäre im Kopf. Nach drei Jahren an der russischen Akademie der Wissenschaften wechselte er an die Universität von Nottingham und blieb im Westen. Es folgten Zwischenstationen in Kopenhagen, Bath und Nimwegen, wo er die Existenz von magnetischem Wasser bewies und sogar einen Frosch innerhalb eines Magnetlochs fliegen ließ. 2001 wechselte Geim mit seiner Frau Irina an die Universität von Manchester. Drei Jahre später isolierte er mit einem simplen Klebeband von einer ganz normalen Bleistiftmine die erste ultradünne Graphen-Schicht. Das brachte ihm 2010 den Nobelpreis ein.



„Es ist so perfekt“

Andre Geim erzählte trend von seiner spektakulären Entdeckung. Der Nobelpreisträger im Originalton:

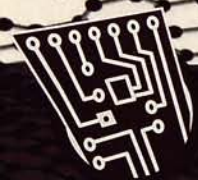
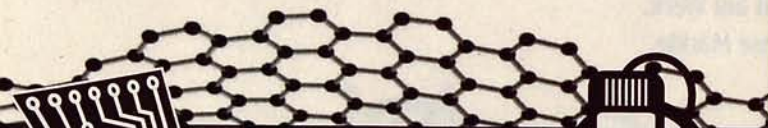
des Lichts absorbiert. Und es lässt sich nach Belieben rollen, falten und formen, ohne zu brechen. Geim: „Es ist perfekt. Mit Graphen stehen wir am Beginn einer völlig neuen Wissenschaft“ (siehe Kasten rechts).

Neues Zeitalter. Angesichts der potenziellen Anwendungen, die bereits heute zum Greifen nahe scheinen, scheuen sich die Bannerträger der Graphen-Forschung, wie etwa der Mikroelektroniker Tomas Palacios vom Massachusetts Institute of Technology (MIT), nicht, von einer „kommenden neuen industriellen Revolution“ zu schwärmen, „die ähnliche, wenn nicht sogar größere Dimensionen haben könnte, wie sie die Entdeckung und Nutzung des Halbleiters Silizium gebracht hat“. Sein Kollege Vladimir Falco von der Universität Lancaster, einer der wissenschaftlichen Schirmherren der „Graphen Week 2011“, einer hochkarätig besetzten, internationalen Forscherkonferenz, die zu Ostern in Obergurgl stattfand, geht noch einen Schritt weiter: „Graphen hat das Zeug dazu, die Welt und insbesondere Europa vor einem völligen wirtschaftlichen Desaster zu retten. Denn meist geht ein großer technologischer Fortschritt mit ökonomischem Wachstum einher.“

Ermöglichen sollen dies neue Applikationen, leistungsfähigere Bauteile, nützliche Erfindungen und noch überhaupt nicht erträumte Produkte, die allesamt mehr oder weniger auf Gra- >

Mein Team und ich sind schon immer verrückten Ideen nachgegangen. In unseren Freitagnacht-Experimenten haben wir die Sache mit dem fliegenden Frosch gemacht und die magnetische Levitation nachgewiesen. Um Graphen zu gewinnen, mussten wir zuerst Graphit in atomdünne Schichten zerlegen. Wir haben alles Mögliche versucht. Ohne Erfolg. Irgendwann habe ich gesehen, wie ein Kollege ein Stück Klebeband, auf dem noch Reste eines anderen Materials waren, achtlos in den Müll geworfen hat. Das war mein Heureka-Moment. Mit so einem Scotch-Tape haben wir die ersten ultradünnen, mikroskopischen Graphen-Schichten hergestellt. Selbst jetzt, wo wir bereits sehr viel über die einzigartigen Eigenschaften von Graphen wissen, fällt es mir schwer, diese Qualitäten zu beschreiben. Es ist so neu. Es ist so phänomenal. Es ist so perfekt. Es ist fast transparent, weil es nur 2,3 Prozent des Lichts absorbiert. Die Elektronen schießen, ohne sich von Elementen außerhalb stören zu lassen, atemberaubend schnell von Atom zu Atom. Und das Material ist unglaublich stark, kaum zerreißenbar und gleichzeitig flexibel. Es ist eigentlich eine neue Wissenschaft, die erst am Beginn steht. Viele Eigenschaften haben wir noch gar nicht verstanden, weil sie bisher gültiges Schulwissen über den Haufen werfen. Aber die Einsatzmöglichkeiten scheinen grenzenlos. Inzwischen sind etwa 10.000 wissenschaftliche Arbeiten über Graphen erschienen. Von den sieben Millionen Forschern auf der ganzen Welt beschäftigen sich bereits 70.000 mit Graphen und seinen Möglichkeiten. Manche Leute sagen, dass eine technologische Revolution bevorsteht, Graphen völlig neue Anwendungen und Produkte bringen wird. Ein paar davon – etwa flexible, transparente elektronische Geräte – liegen bereits auf der Hand. Von vielen wagen wir noch gar nicht zu träumen. Es wird sicher noch Jahre brauchen, aber Graphen wird die Dinge, die uns umgeben, grundlegend verändern.

JAMES KING-HOLMES / SCIENCE PHOTO LIBRARY / PICTURESK.COM



LEITERPLATTEN. Dieser Bereich dürfte eine der ersten Massenanwendungen von Graphen in Form einer Art „Tinte“ sein. Die leitenden Bahnen zwischen Schaltkreisen werden einfach mit Graphen-Tinte aufgedruckt. Elektronen reisen dadurch nicht nur schneller als in anderen Leitern. Diese „Graphene-Ink“ gibt auch die bestehende Hitze besser an die Umwelt ab. Marktreife: ab 2015.



GASDETEKTOREN. Das praktisch nicht vorhandene Volumen macht Graphen zum idealen Sensor. Sobald ein Gasmolekül an seine Oberfläche andockt, verändert sich an diesem Punkt der elektrische Widerstand, wodurch dessen Art und Herkunft gemessen werden kann. Das können zwar auch andere Materialien, aber nicht so gut, weil Graphen besonders schnell leitet. Marktreife: ab 2015.



NACHTSICHTBRILLEN. Die optischen Eigenschaften von Graphen legen gemeinsam mit seiner extremen Dünne eine Anwendung für Nachtsichtgeräte nahe. Elektronische Modulation soll infrarotes Licht für das menschliche Auge sichtbar machen. Durch die Beschichtung von simplem Brillenglas mit Graphen kann, wer will, die Nacht zum Tag machen. Marktreife: ab 2015.





Licht ins Dunkel. Eine der spektakulärsten Anwendungen von Graphen ist die Möglichkeit, aus normalen Brillen Nachtsichtgläser zu machen. Das funktioniert durch die Modulation von Infrarotstrahlung in den sichtbaren Bereich. Da Graphen gleichzeitig ein ausgezeichneter Lichtsensor ist, könnte sich die Brille auch problemlos selbst einschalten.

wendungen wie etwa medizinische Sensoren, pharmazeutische Hygienemittel oder gar Nachtsichtbrillen nehmen sich im Vergleich dazu fast wie Kinkerlitzchen aus.

Nah oder fern? Doch wie weit sind industrielle Anwendungen von Graphen noch entfernt? Am Beispiel von Südkorea wird deutlich, dass es sich bei diesen Visionen nicht um Hirngespinnste handelt. Der 50-Millionen-Einwohner-Staat hat vielmehr eine handfeste Rechnung angestellt, bei der es um jede Menge Geld geht. Der Graphen-Forscher Byung Hee Hong von der SungKyunKwan-Universität in Seoul erklärt dies volkswirtschaftlich: Ein beträchtlicher Teil des südkoreanischen BIPs in der Höhe von 1532 Milliarden Dollar (2010) stammt aus der Produktion und der Lieferung von Screens und Displays (hauptsächlich durch Samsung, LG und Unmengen von Zulieferern) an Endhersteller von Sony bis Nokia, von Apple bis Philips. Der Hauptbestandteil all dieser Bildschirme ist ein Material namens Indium-Zinnoxid, das als transparenter Leiter zur Bildgebung eingesetzt wird.

Dieses ITO, so das englische Kürzel, hat zwei entscheidende Nachteile: Es braucht einen stabilen Gehäuseschutz, weil es sehr leicht bricht. Und es ist wegen des äußerst seltenen Bestandteils Indium, von dem weltweit über 70 Prozent in China gefördert werden, verhältnismäßig teuer. Wie auch bei anderen seltenen Erden, bei denen China seine Monopolstellung hemmungslos ausnutzt, hat sich der Preis für Indium in den vergangenen Jahren ungefähr ver-

phen basieren. Die Rede ist etwa von transparenter, flexibler Elektronik. Dabei geht es um aus Graphen hergestellte Elektroden, Transistoren oder gar komplette Prozessoren, die Hightech-Geräte schneller und leistungsfähiger machen, sie vor allem aber aus dem Gefängnis ihrer stabilen Gehäuse befreien und so je nach Wunsch formbar machen. Dies soll bei allen Arten von Bildschirmen und Screens sehr bald Marktreife erlangen. Die Industrie träumt davon, dank der Hochfrequenzeigenschaften von Graphen – IBM etwa hat erst vor einem halben Jahr einen Chip-Prototyp mit einem 100-Gigahertz-Transistor vorgestellt – vorwiegend im Bereich ultraempfindlicher Sensoren, beispielsweise für Radargeräte oder Bodyscanner, neue, in weiten Bereichen noch jungfräuliche Geschäftsfelder zu erschließen. Graphen sei auch ideal dazu geeignet, bereits bestehende Werkstoffe wie etwa Plastik zu veredeln. Schon durch eine Beimengung von wenigen Prozent könnten diese härter, leichter und widerstandsfähiger werden – ideal für Auto- oder Flugzeughersteller sowie das Militär. Weitere naheliegende An-

Die wichtigsten Graphen-Anwendungen

Noch sind Produktentwickler, Ingenieure oder Erfinder gar nicht am Werk.

Doch Graphen-Produkte, schätzt die Fachwelt, eröffnen immense Märkte.



SOLARZELLEN. Die Photovoltaik ist ein weiterer potenzieller Anwendungsbereich der optischen und leitenden Eigenschaften von Graphen.

Zusätzlich wären sie problemlos formbar, also auf jede Art flexibler Trägermaterialien – von Textilien bis zum Sonnensegel – zu applizieren. Experten denken an eine Art Rollen-Offsetdruck-Prozess für die Serienproduktion. Marktreife: ab 2015.



OLEDs. Erst kürzlich wurden organische lichtemittierende Dioden auf Basis von Graphen präsentiert. Auch hier wird der Stoff

als Substitut für Indium-Zinnoxid verwendet und erreicht bereits jetzt mehr als die Hälfte von dessen Kapazität. Inzwischen ermöglichen OLEDs brillante Bilder bis zum 30-Zoll-Format, Samsung prophezeit Graphen-OLED-Bildschirme „deutlich vor 2019“.



KÖRPERSCANNER. Seit IBM im Vorjahr einen Graphen-Transistor mit einer Ein-aus-Schaltrate von mehr als 100 Gigahertz, etwa

dem 70-Fachen von Silizium, präsentiert hat, träumen Mediziner und vor allem US-Militärs, IBMs Hauptkunden, von allen möglichen Radio-Frequency-Superscannern, die bis auf die Molekularebene des menschlichen Körpers vordringen sollen. Marktreife: ab 2017.

Vom 24. bis 29. April fand im Universitätszentrum Obergurgl die „Graphen Week 2011“ unter der Schirmherrschaft der Uni Innsbruck und der European Science Foundation statt. Etwa 120 Top-Wissenschaftler aus aller Welt folgten dem Ruf des Nobelpreisträgers Andre Geim, um „Grundlagen und Anwendungen von auf Graphen basierenden Geräten“ in dieser im Hochgebirge isolierten besseren Jugendherberge mit angeschlossener Hörsaal zu diskutieren.



zehnfacht. „Daher ist für uns klar: Wir müssen neue Materialien finden“, so Byung Hee Hong. „Graphen ist nicht nur das ideale Substitut für ITO. Es hat auch alles, um Silizium zu ersetzen, das in der Mikroelektronik bald die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit erreicht hat.“

In den vergangenen zwei Jahren habe die südkoreanische Industrie durch den Einsatz der so genannten „Chemical Vapor Deposition“ die Massenherstellung der extrem dünnen Graphen-Schichten in Größendimensionen von über einem Quadratmeter vorangerieben. Und das zu Preisen, die mit ITO-Bildschirmen konkurrieren können. Für einen Markteintritt müssten aber sowohl die Qualität als auch die Kosten noch weiter optimiert werden.

Um das zu erreichen, hat die Regierung in Seoul heuer ein eigenes Investitionsprogramm beschlossen: In den nächsten sieben Jahren wird die Grundlagenforschung von Graphen sowie die Entwicklung von Anwendungen in den Bereichen Displays und flexible Elektronik mit einer Milliarde Dollar gefördert. Auch die EU will im Rahmen ihrer „Projects 2020 Initiative“ eine ähnliche Summe in die Erkundung und Nutzung des neuen Wundermittels stecken.

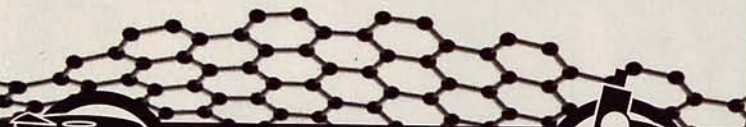
„Wir haben unsere Hausaufgaben sehr sorgfältig gemacht“, verteidigt Byung Hee Hong, der diese strategische Entscheidung Südkoreas maßgeblich beeinflusst hat, solch eine gewaltige Wette. „Wir schätzen, dass sich der Weltmarkt für Graphen im Jahr 2030 auf rund 600 Milliarden Dollar belaufen wird.“ Und das, so der Wissenschaftler, bezöge sich nur auf derzeit bekannte Anwendungen. „Insgesamt“, so das Fazit von Byung Hee Hong, „reden wir hier über gigantische Summen. Graphen ist tatsächlich das Material der Zukunft, und auch wenn mich viele für verrückt halten: Ich glaube, Graphen könnte die Bedeutung der Erfindung des Rads bekommen.“

Die Elite eines neuen Zeitalters

Im idyllischen Obergurgl, unweit des „Ötzi“-Fundorts, erörterten die weltweit renommiertesten Graphen-Forscher die Chancen des Wunderstoffs.

Nahzu jeder der rund 120 Wissenschaftler, die sich kürzlich in der Alpen-Außenstelle der Universität Innsbruck einfanden, ist entweder bereits eine Klasse für sich oder auf dem Weg dahin. Sie heißen etwa Byung Hee Hong (Uni Sungkyunkwan, Korea), Vladimir Falko (Uni Lancaster), Tomas Palacios (MIT), Thomas Seyller (Uni Erlangen) oder James Hone (Columbia University). Auch die TU Wien war mit Mahdi Pourfath vertreten. In abendlichen Runden präsentierten jeweils etwa 30 Nachwuchsforscher – mehr als 50 Prozent der Konferenzteilnehmer sind jünger als 35 – ihre Tüfteleien zu diversen Graphen-Details. Für diese jungen Leute kann das die Chance ihres Lebens sein. Nervös stehen sie vor Plakatafeln, auf denen ihre Erkenntnisse auf die Größe eines Posters verdichtet sind. Die Top-Leute spazieren herum, begutachten, gustomieren, und wenn gar der Nobelpreisträger mehr wissen will, winkt eine glanzvolle Karriere. Seit der Obergurgl-Konferenz hat auch Österreich einen fixen Platz auf der Graphen-Weltkarte. Das liegt neben dem Optoelektroniker Pourfath auch an dem Fotoniker Thomas Müller, 36. Der TU-Assistent war Mitglied des legendären IBM-Forscherteams, das im Herbst 2010 den Prototyp eines Graphen-Chips vorgestellt hat. Müller: „Wir könnten Transistoren jenseits der 100 Gigahertz herstellen. Das entspricht der 70-fachen Schaltgeschwindigkeit von Silizium und wäre wie der Heilige Gral: ein Halbleiter wie Graphen mit den Eigenschaften eines Halbleiters. Aber das wird noch Jahre dauern.“ Immer mehr heimische Forscher beschäftigen sich mit Graphen, etwa Ulrike Diebold (TU Wien), Jannik Meyer oder Thomas Pichler (Uni Wien). Ein nationaler Forschungsschwerpunkt ist das Thema freilich noch nicht. „In den USA wird jeder Graphen-Kollege mit ein paar 100.000 Dollar gefördert“, ärgert sich Müller, „bei uns kriegt man einen Gutschein für ein Gespräch mit der Wirtschaftskammer.“

ROLAND MÜHLINGER, JANNIK C. MEYER / DPA / PICTURESK.COM



MEGASPEICHER. Dank seines – da nur eine Atom-schicht dünn – idealen Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen gilt Graphen als einer der heißesten Kandidaten zur Herstellung hochleitender Platten, so genannter „Ultracapacitors“. Angesichts eines ständig steigenden Energiebedarfs reichen die Möglichkeiten hier von gängigen Batterien bis zu industriellen Mega-speichern. Marktreife: ab 2020.



MIKROBIOLOGIE. Wegen seiner Volumenlosigkeit ist Graphen ein viel versprechender Stoff für winzig kleine Diagnosevorrichtungen. Am MIT denkt man bereits an Mini-implantate, die Blutwerte messen oder Krebszellen frühzeitig entdecken könnten. Als ebenso ambitioniert gilt eine mögliche Anwendung zur schnellen, kostengünstigen DNA-Sequenzierung. Marktreife: ab 2020.



PHARMAZIE. Der Forscher Hu Wenbing von der Chinesischen Akademie der Wissenschaften hat 2010 eine Arbeit veröffentlicht („Graphene-Based Anti-Bacterial Paper“), wonach Graphen-Oxid geeignet ist, Fäkalbakterien wie etwa „Escherichia coli“ abzutöten. Das verspricht Graphen-Anwendungen in Hygiene-produkten oder als Frischhalteverpackung von Lebensmitteln. Marktreife: ab 2020.

