

Hamburger forschen am neuen Wunderstoff

Graphen könnte Computerchips um ein Vielfaches schneller machen. Hamburger Physiker berechnen, wie das Material elektrischen Strom leitet.

Von Marc Hasse

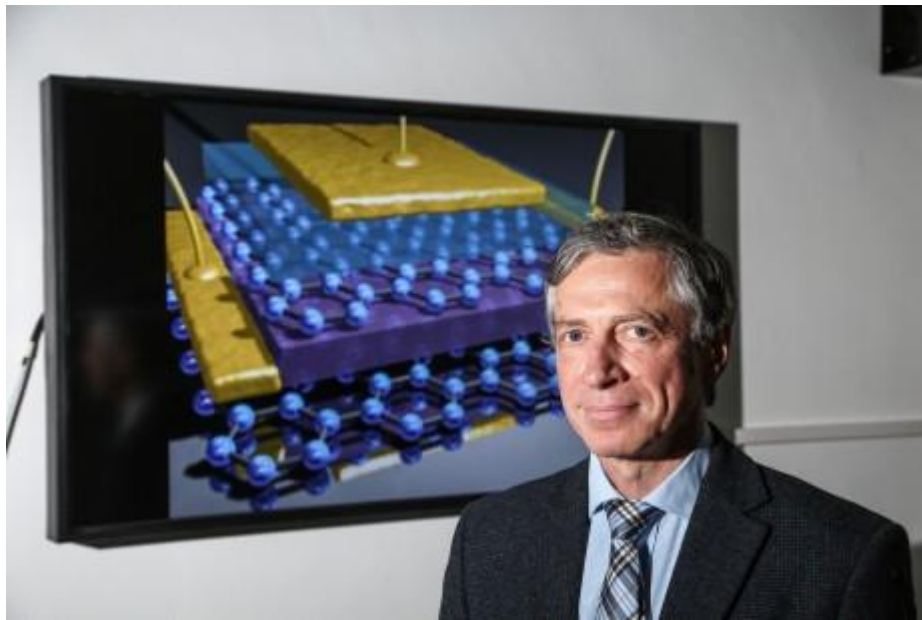


Foto: Michael Rauhe

Physiker Alexander Lichtenstein von der Universität Hamburg vor dem Modell eines Graphen-Transistors. Die blau dargestellten Kohlenstoffatome bilden Lagen aus Graphen

Hamburg. Wundersam, wie sich die Dinge manchmal fügen. Vor mehr als 30 Jahren studierte Alexander Lichtenstein in Jekaterinburg Physik, zusammen mit Mikhail Katsnelson. Später verließen sie Russland, ihre Wege trennten sich. Bis 2004 lehrte Lichtenstein, inzwischen Professor, in den Niederlanden an der Uni Nijmegen. Dort forschte bis 2000 auch ein gewisser Andre Geim, der später den Nobelpreis bekommen sollte, weil er 2004 ein Material entdeckte, das die Elektrotechnik revolutionieren könnte: Graphen.

Mit Geim zusammen forschte Katsnelson. Der besuchte im gleichen Jahr seinen alten Freund Lichtenstein, der von Nijmegen nach Hamburg gewechselt war. "Da gibt es ein interessantes Problem mit dem Graphen, wollt ihr das nicht berechnen?" So kam es, dass Alexander Lichtenstein, 57, von der Universität Hamburg, heute an einem der größten Forschungsprojekte beteiligt ist, die je in Europa begonnen wurden. Er und sein Team simulieren am Computer, wie Graphen unter bestimmten Umgebungsbedingungen elektrischen Strom leitet. Das zu klären, ist die Voraussetzung, um das Material in neuartigen Computerchips einzusetzen.

Unter der Federführung von Andre Geim, der nunmehr in Manchester arbeitet, machen bereits 126 Gruppen aus ganz Europa im Projekt GRAPHEN mit, unter ihnen auch ein Team der TU Hamburg-Harburg. Und es könnten bald noch mehr werden. Denn Anfang der Woche gab EU-Kommissarin Neelie Kroes bekannt, dass GRAPHEN den EU-Wettbewerb für Zukunftstechnologien gewonnen hat, zusammen mit dem Human Brain Project, das mit einem Supercomputer das menschliche Gehirn simulieren will. Die beiden Projekte können nun für die nächsten zehn Jahre auf je eine Milliarde Euro hoffen. Gesichert ist bisher allerdings erst eine Finanzierung von je 54 Millionen Euro.

Alexander Lichtenstein weiß, dass er in den nächsten zwei Jahren zusammen mit der Uni Bremen mindestens eine halbe Million Euro erhalten wird.

Lichtenstein ist Professor für Theoretische Physik, aber seine Arbeit hat praktische Konsequenzen. Um die zu verstehen, muss man etwas ausholen. Graphen besteht aus nur einer Lage Kohlenstoffatomen, es ist also zweidimensional. Jede Bleistiftmine aus Grafit (eine Form des Kohlenstoffs) enthält Graphen in Form von Milliarden übereinander gestapelte Lagen - geeignet etwa zum Schreiben, zu viel mehr aber auch nicht. Seine außergewöhnlichen Eigenschaften entfaltet Graphen erst als Solist bei einer "Höhe" von millionstel Millimetern: Eine Lage ist mindestens 100-mal zugfester als Stahl, und sie leitet Elektronen bis zu 200-mal schneller als Silizium, aus dem Computerchips gebaut sind, genauer: die Transistoren auf den Chips.

Transistoren lassen sich durch einen Elektronenfluss laden oder entladen, in dem unterschiedliche elektrische Spannungen angelegt werden. Eine Einstellung steht für "0", die andere steht für "1", die beiden Zeichen des digitalen Alphabets - Bits. Viele Einsen und Nullen bilden Informationen, mit denen ein Computer rechnet, die er in Texte, Bilder oder Videos übersetzt.

Um die Leistung von Chips zu erhöhen, hat die Industrie in den vergangenen 40 Jahren die Größe der einzelnen Transistoren immer weiter verkleinert - so verkürzten sich Wege, die die Elektronen zurücklegen mussten. Doch dieser Ansatz der Miniaturisierung von Siliziumchips wird bald an seine physikalischen Grenzen stoßen.

Die Alternative wäre, ein Material zu nutzen, in dem sich die Elektronen schneller bewegen können - eben Graphen. Forscher haben errechnet, dass Graphen-Transistoren Hunderte Mal schneller sein könnten. Das Problem ist allerdings: Der Ladungsfluss von Graphen lässt sich bisher nicht abschalten. Legt man unterschiedliche Spannungen an wie bei einem herkömmlichen Siliziumtransistor, fließen die Elektronen in jedem Fall. Das geschieht zwar extrem schnell, aber es hilft eben nicht, solange sich kein Aus-Zustand schalten lässt, solange also nicht "0" und "1" möglich sind. "In Silizium gibt es verbotene Zonen für Elektronen, Energiebereiche, in denen sie nicht sein dürfen. Das ist so, als würde man mit dem Auto auf eine Barriere zufahren", erläutert Tim Wehling, früher Lichtensteins Doktorand und nun Juniorprofessor an der Universität Bremen. "In Graphen dagegen kommen die Elektronen überall durch, weil die Atome gleichartig sind. Es muss nun darum gehen, diese Gleichartigkeit aufzuheben, also Barrieren für die Elektronen aufzubauen." Dabei werden derzeit zwei Ansätze verfolgt. Erstens die Struktur des Graphens, genauer: die Anordnung seiner Atome chemisch zu manipulieren, etwa, indem ein Teil der Atome mit einem Substrat unterlegt wird. Den zweiten Ansatz nennt Andre Geim scherzhaft "Graphen-Big Mac": Zwei Lagen aus Graphen werden durch Schichten aus einem isolierenden Material, etwa Bornitrid getrennt. Die Beschaffenheit des Graphens auf beiden Seiten entscheidet dann darüber, wann Elektronen durch den Isolator fließen, wann es heißt "0" oder "1".

Theoretiker wie Lichtenstein und Wehling versuchen nun, Experimentatoren wie Andre Geim und Co-Physiknobelpreisträger Konstantin Novoselov die Arbeit zu erleichtern und die Richtung zu weisen, indem sie die mikroskopischen Prozesse berechnen, die in verschiedenen Konstruktionen mit Graphen ablaufen, also etwa simulieren, welche Materialien in einer Sandwich-Struktur wie dem "Graphen-Big Mac" am ehesten Sinn machen. "Es gibt sehr viele Kombinationsmöglichkeiten. Je besser man die Prozesse im Detail versteht, desto leichter wird es sein, das Optimum finden", sagt Alexander Lichtenstein. "Jedes einzelne Atom zählt."