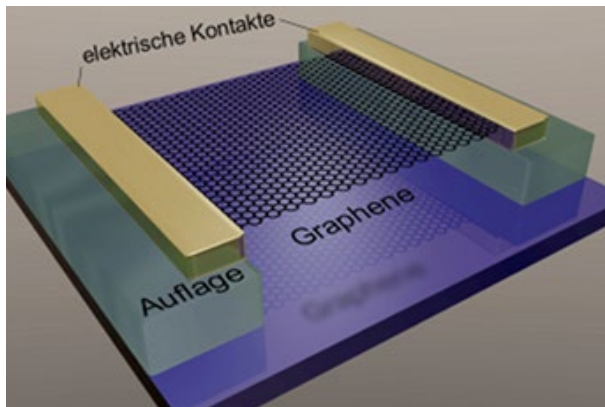


Elektronen auf ihrem Weg durch Graphen

Fast 11 Millionen Treffer findet Google unter dem Stichwort «Graphene». Hunderte von Forschungsgruppen weltweit beschäftigen sich mit diesem besonderen Material, das sich nur auf zwei Ebenen erstreckt. Eines der Teams ist das von Professor Christian Schönberger vom Departement Physik der Universität Basel. Er erhält dazu Unterstützung vom EU geförderten «Graphene Flagship» und vom Swiss Nanoscience Institute. In seiner Gruppe werden vor allem die elektrischen Eigenschaften von Graphen untersucht.

Superdünn, mit faszinierenden Eigenschaften

Graphen besteht aus einer einzigen Lage wabenartig angeordneter Kohlenstoffatome. Es ist das erste wirklich zweidimensionale Material, das Forschern zur Verfügung steht. Graphen ist transparent, härter als Diamant, 200-mal stärker als Stahl, dabei aber flexibel und ein deutlich besserer elektrischer Leiter als Kupfer. Allerdings stellt die Arbeit mit Graphen die Forscher vor einige Herausforderungen. Die beiden Nobelpreisträger Geim und Novoselov haben zwar eine vergleichsweise einfache Methode gefunden, um Graphen erstmals herzustellen. Möchten die Forschenden jedoch die elektrischen Eigenschaften untersuchen, ist eine weit aufwendigere Aufarbeitung notwendig.

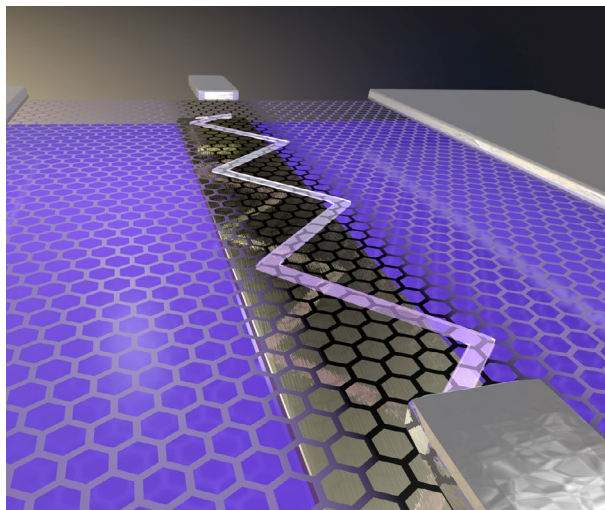


Das zweidimensionale Graphen lässt sich zwischen Trägern frei aufspannen und untersuchen.

Neue Herstellungstechnik ermöglicht Studien

Die Wissenschaftler in Basel haben dazu zunächst eine Methode entwickelt, mit der sie Graphen zwischen zwei Trägern frei aufspannen und reinigen können. Die im Jahr 2013 in «Nature Communications» veröffentlichte Arbeit beschreibt, wie mittels Mikro- und Nanofabrikationstechniken eine mehrere Mikrometer lange Graphenschicht zwischen Siliziumträgern frei aufgespannt werden kann. Mit dieser Technik vermeiden die Forscher störende Berührungen mit dem Substrat. Sie entwickelten zudem einen anschließenden Reinigungsschritt, indem sie einen starken Strom durch die Graphenschicht leiten. Dadurch heizt sich das Material auf und Verunreinigungen auf der Oberfläche werden entfernt.

Diese neue Aufarbeitungstechnik wurde vor allem von Peter Rickhaus entwickelt. Er schloss im September seine Doktorarbeit im Schönberger-Team ab und konnte bei den Messungen zeigen, dass sich die Leitfähigkeit von Graphen durch die neue Aufarbeitungsmethode enorm verbessern lässt. Die Elektronen bewegten sich in der gereinigten zweidimensionalen Graphenschicht ähnlich wie Licht fast verlustfrei – ohne Streuung und Widerstand – mit einem Dreihundertstel der Lichtgeschwindigkeit.



In Graphen bewegen sich Elektronen durch elektrische Steuerung wie in einem Glasfaserkabel.

Auf definierter Spur unterwegs

Das Team um Schönberger und Rickhaus konnte in weiteren Experimenten belegen, dass sich die Elektronen in Graphen nicht nur verlustfrei, sondern auch auf einer vorgegebenen Spur leiten lassen. Durch Kombination eines elektrischen und eines magnetischen Felds bewegen sich die Elektronen auf Schlangenlinien vorwärts. Diese Linie krümmt sich im Wechsel von links nach rechts, was sich durch die Abfolge einer positiven und negativen Masse erklären lässt. Diese Führung der Elektronen kann ein- und ausgeschaltet werden. Sie eignet sich daher als neuartiger Nano-Schalter, der sich in verschiedene Geräte einbauen liesse. «Allein durch die Veränderung des magnetischen oder des elektrischen Feldes liesse sich der Schalter bedienen», kommentiert Christian Schönberger die Ergebnisse, die im Frühjahr 2015 ebenfalls in «Nature Communications» veröffentlicht wurden.

Elektronenfluss ähnlich wie in einem Glasfaserkabel

Peter Rickhaus, der kürzlich für diese wissenschaftlichen Arbeiten den Metas-Preis der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft verliehen bekam, hat zusammen mit Dr. Peter Makk und weiteren Kollegen aus der Schönenberger-Gruppe im letzten Monat weitere Erkenntnisse bezüglich des Ladungstransports in Graphen veröffentlicht. In «Nanoletters» zeigen die Forscher wie in einem weiterentwickelten Set-up Elektronen auch ohne äusseres Magnetfeld in Graphen geleitet werden können. «Unter diesen Versuchsbedingungen bewegen sich die Elektronen allein durch elektrische Steuerung wie in einem Glasfaserkabel. Da wir nur ein elektrisches Feld benötigen, ist dies viel einfacher zu bewerkstelligen. Damit verbessern sich die Chancen einer Anwendung», erläutert Christian Schönenberger diese neuesten Ergebnisse.

Peter Rickhaus hat Ende September seine Doktorarbeit erfolgreich abgeschlossen, aber seine Kollegen in der Gruppe von Christian Schönenberger arbeiten weiterhin daran, das «Wundermaterial» Graphen genau zu untersuchen und die Möglichkeiten für elektronische Anwendungen auszuloten.

Der Federbalken links trägt die Erkennungssequenz für die gesuchte Mutation. Ist diese in der untersuchten Probe vorhanden, bindet das entsprechende RNA-Stück an den Federbalken, was zu dessen Verbiegung führt. Diese ist messbar und damit ein eindeutiger Nachweis für das Vorhandensein der Erbgutveränderung.