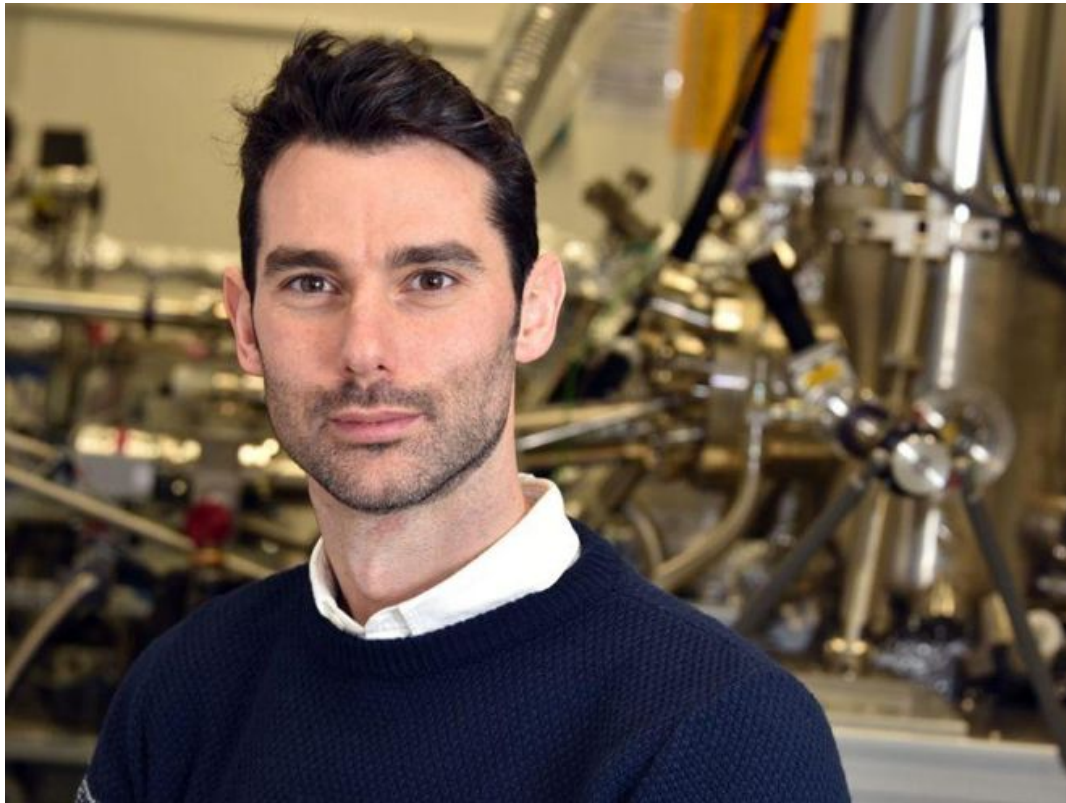


11.03.2019 | Funktionswerkstoffe | Im Fokus | Onlineartikel

Faszinierendes Graphen – wie sicher ist das Material?

Autor: Dieter Beste

Der zweidimensionale Festkörper elektrisiert Forscher und Entwickler in aller Welt. Neue technische Lösungen zeichnen sich ab. Aber sind Produkte, die Graphen enthalten, auch sicher für Mensch und Umwelt?



Der italienische Physiker Giancarlo Soavi erforscht an der Universität Jena das Material Graphen. © Anne Günther/FSU

Giancarlo Soavis Forschungsinteresse gilt der Spektroskopie ultraschneller Phänomene. Er nutzt wenige Femtosekunden dauernde Lichtpulse, um ihre Wechselwirkung mit Nanomaterialien zu untersuchen. Während seiner Postdoc-Zeit in Cambridge (UK) hat sich Soavi dabei vor allem auf das Material Graphen fokussiert. Dieses extrem dünne, aus nur einer Lage von Kohlenstoffatomen bestehende Material fasziniert ihn, weil es über eine Reihe ganz besonderer Eigenschaften verfügt, und auch für "verschiedene photonische Anwendungen besonders interessant ist." Graphen könne Licht absorbieren und in anderer Frequenz (Farbe) wieder abgeben. Das lasse sich beispielsweise zur Erzeugung von Laserstrahlung nutzen.

In einer unlängst im Fachmagazin Nature Nanotechnology erschienenen Arbeit

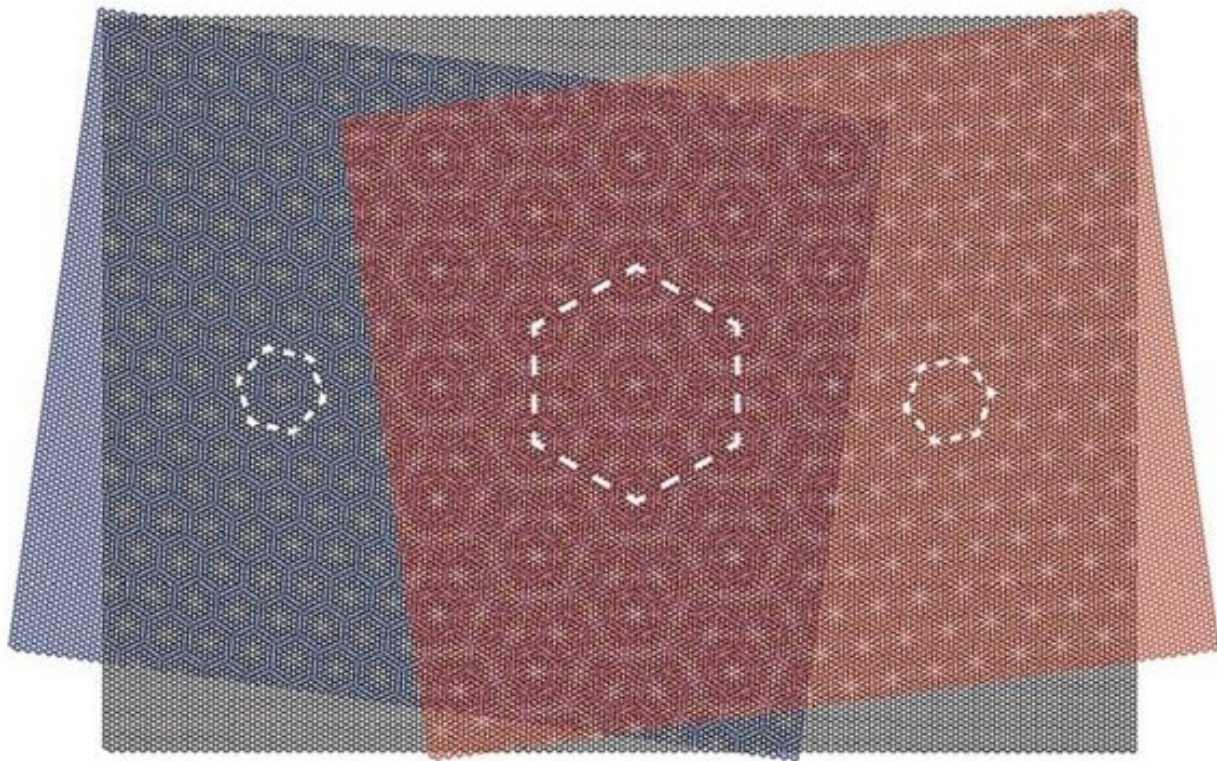
berichten Soavi und andere über ihren Nachweis, dass sich ein als "Third Harmonic Generation" (Frequenzverdreifung) bezeichneter Effekt in Graphen durch ein von außen angelegtes elektrisches Feld verstärken und kontrollieren lässt. "Damit haben wir praktisch einen Schalter entwickelt, mit dem wir die Umwandlung von Licht in Strahlung anderer Frequenz gezielt steuern können", erläutert der Physiker, der inzwischen auf eine Juniorprofessur der Universität Jena gewechselt ist. Solche graphenbasierten optischen Schalter könnten dazu beitragen, Bandbreite und Reichweite in der optischen Datenübertragung deutlich zu erhöhen.

Moiré-Effekt verändert elektronische Eigenschaften

Graphen, eine einzelne Schicht aus hexagonal angeordneten Kohlestoffatomen, ist tatsächlich ein Wundermaterial: Es ist gleichzeitig flexibel, transparent, fest, kann unterschiedliche elektrische Eigenschaften annehmen und hat die höchste Wärmeleitfähigkeit aller bekannten Materialien. Im letzten Jahr sorgten US-Wissenschaftler für Aufsehen. Durch die Verdrehung von zwei übereinanderliegenden Graphenlagen um einen magischen Winkel von 1,1 Grad gelang es ihnen, Graphen supraleitend zu machen. Physiker im Team von Christian Schönenberger an der Universität Basel haben jetzt entdeckt, dass eine Verdrehung auch bei einem dreilagigen Sandwich aus Kohlenstoff und Bornitrid zu neuen Materialeigenschaften führt, wie die Forscher in der Wissenschaftszeitschrift Nano Letters berichten.

Neue Übergitter aus drei Lagen

Die Wissenschaftler verpackten eine Schicht Graphen zwischen zwei Bornitridschichten, was häufig routinemäßig gemacht wird, um die empfindliche Kohlenstoffstruktur zu schützen. Dabei richteten sie allerdings die Schichten sehr genau am Kristallgitter des Graphens aus. Den Effekt, den die Physiker um Professor Christian Schönenberger beobachteten, kennen wir als Moiré-Muster: In allen Schichten aus Bornitrid und Graphen sind die Atome sechseckig angeordnet. Werden sie aufeinandergelegt, entstehen regelmäßige Muster, deren Größe vom Winkel zwischen den Schichten abhängt. Beim Experiment der Basler Physiker mit drei Lagen formten sich zum einen zwei Übergitter, die zwischen der Graphenschicht und der oberen bzw. unteren Lage Bornitrid entstanden. Zum anderen entstand durch die Überlagerung aller drei Schichten eine noch wesentlich größere Überstruktur. Dieses Forschungsergebnis, so die Wissenschaftler, erweitere den Katalog möglicher synthetischer Materialien, deren elektrische Eigenschaften sich über Moiré-Muster verändern ließen.



Die Graphenschicht (schwarz) wird in zwei Lagen aus Bornitridatomen verpackt, die ebenfalls in Sechsecken angeordnet sind. Durch die Überlagerung entstehen wabenförmige Muster verschiedener Größe. © Swiss Nanoscience Institute, Universität Basel

Graphene Flagship

Mit Graphen verbinden Wissenschaftler und Materialentwickler weltweit große Hoffnungen: Seit fünf Jahren läuft in Europa das Forschungsprogramm Graphene Flagship; es ist die größte Forschungsinitiative, die Europa je auf die Beine gestellt hat. Doch bei aller Faszination: Wie bei jeder neuen Technologie müssen auch potenzielle Gefahren frühzeitig in Betracht gezogen werden. In der Vergangenheit wurden diese häufig erst (zu) spät erkannt. Bei Asbest zum Beispiel. Einst für seine außergewöhnliche Festigkeit, Hitze – und Säurebeständigkeit hochgeschätzt, kamen die krebserregenden Gefahren des Materials erst nach und nach ans Licht.

“ Wer hätte gedacht, dass ein Stückchen Graphit, wie es in unseren Bleistiftminen steckt, ein Supermaterial enthält, das so stark, so dünn, so flexibel und so gut elektrisch leitend ist, dass es sich mit keinem anderen Material auf unserem Planeten vergleichen lässt? Wer hätte gedacht, dass es so einfach aus dem Graphit herauszubekommen ist?" Hayley Birch, 50 Schlüsselideen Chemie.

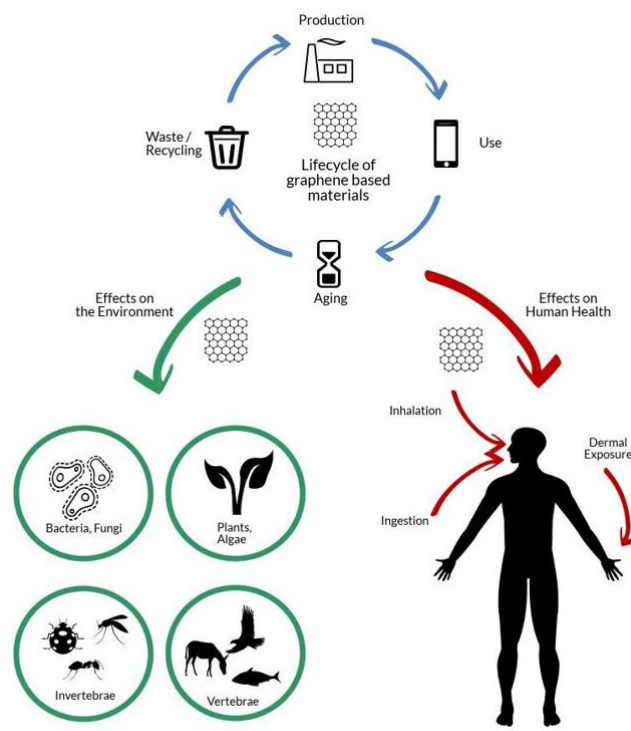
Zur Halbzeit des Graphen-Flagshipprojekts ist nun ein Review-Artikel erschienen, der die im Rahmen des internationalen Großforschungsprojekts ermittelten Daten zur Sicherheit von Graphen mit Ergebnissen anderer Studien verknüpft und damit den aktuellen Wissenstand zum Thema zusammenfasst. Partner aus 15 europäischen Universitäten und Forschungsinstituten wirkten am Review mit, darunter Peter Wick und Tina Bürki von der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa).

Biologische Auswirkungen unter der Lupe

Der Artikel gibt eine Übersicht darüber, wann im Lebenszyklus von graphenbasierten Materialien überhaupt Teile davon in die Umwelt oder den menschlichen Körper gelangen können: bei der Produktion, im Gebrauch, bei der Alterung oder im Entsorgungs- oder Recyclingprozess. Der größte Teil der evaluierten Studien widmete sich der Frage, wie graphenbasierte Materialien mit dem menschlichen Körper interagieren. Darunter fallen die unterschiedlichen Wege, wie die Materialien überhaupt in den Körper gelangen können, etwa durch Einatmen, Verschlucken oder über Hautkontakt, sowie die Verteilung auf und die Interaktion mit wichtigen Organen wie dem zentralen Nervensystem, Lunge, Haut, Immunsystem, Herz-Kreislauf-System, Magen-Darm-Trakt und Fortpflanzungssystem. Nicht minder wichtig sind aber mögliche Auswirkungen von Graphen auf andere Organismen und die Umwelt. Dazu gehören Bakterien, Algen, Pflanzen, Pilze sowie Wirbellose und Wirbeltiere in verschiedenen Ökosystemen.

Struktur bestimmt Aktivität

"Die Herausforderung ist, dass Graphen nicht gleich Graphen ist", sagt Peter Wick, Leiter des Particles-Biology Interactions Lab an der Empa. Graphenbasierte Materialien können etwa aus einer oder mehreren Schichten bestehen, die Breite und Länge der Schicht kann variieren, und auch das Verhältnis von Kohlenstoff- zu Sauerstoffatomen kann unterschiedlich sein. Je nach Kombination dieser drei Parameter erhält man nicht nur ganz unterschiedliche Materialeigenschaften – auch die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt variieren stark. "Unser Ziel ist es daher, ein detailliertes Modell für einen Zusammenhang zwischen Struktur und bestimmten Eigenschaften zu erstellen", so Wick. Selbstlernende Algorithmen könnten künftig dabei helfen, aus den Daten ein Modell zu generieren, um die biologischen Auswirkungen einer bestimmten Graphenstruktur vorherzusagen. Doch noch sei ein solches umfassendes Modell Zukunftsmusik: "Wir sehen uns hier als eine Art Geburtshelfer für die Bestimmung der Sicherheit von graphenbasierten Materialien und Produkten."



Wechselwirkungsrouten von Graphen © Empa