

Was macht Graphen in der Lunge?

Graphen gilt als Material der Zukunft. Allerdings ist bislang wenig bekannt, ob und wie sich Graphen auf unsere Gesundheit auswirkt, sollte es in den Körper gelangen. Ein Forscherteam der Empa und des Adolphe-Merkle-Institut (AMI) in Fribourg haben nun erstmalig Studien an einem dreidimensionalen Lungenmodell durchgeführt, um das Verhalten von Graphen und Graphen-ähnlichen Materialien nach dem Einatmen zu untersuchen.

Es ist zug- und reissfest, hochelastisch und elektrisch leitfähig. Graphen verfügt über vielerlei aussergewöhnliche Eigenschaften, was revolutionäre Anwendungen in den unterschiedlichsten Bereichen ermöglicht. Nicht umsonst hat die EU das «Graphene Flagship» ins Leben gerufen, das mit einer Milliarde Euro unterstützt wird und somit als grösste europäische Forschungsinitiative gilt. Als Teil dieses riesigen Projekts bringt auch die Empa ihr Know-how ein, denn im Rahmen der europaweiten Graphen-Forschung spielen allfällige gesundheitliche Aspekte und Auswirkungen auf den menschlichen Organismus eine wesentliche Rolle.

Aus diesen Aktivitäten entstand nun zusätzlich ein vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) gefördertes Projekt, das vor kurzem an der Empa und am AMI angelaufen ist. Dabei kommt ein zelluläres 3-D-Lungenmodell zum Einsatz, mit dem die Forschenden herausfinden möchten, welche Auswirkungen Graphen und Graphen-ähnliche Materialien auf die menschliche Lunge haben können - und das unter möglichst realitätsnahen Bedingungen. Eine Herausforderung, denn Graphen ist nicht gleich Graphen. Je nach Herstellungsmethode und Prozessierung entstehen unterschiedlichste Formen und Qualitäten des Materials, die wiederum verschiedene Reaktionen in der Lunge auslösen können.

Dreidimensionale Zellkulturen «atmen» Partikel ein

Das Forschungsteam um Peter Wick, Tina Bürki und Jing Wang von der Empa und Barbara Rothen-Rutishauser und Barbara Drasler vom AMI hat kürzlich seine ersten Ergebnisse im Fachmagazin «Carbon» publiziert. Mit dem 3-D-Lungenmodell ist es den Forschenden gelungen, die tatsächlichen Bedingungen an der Luft-Blut-Schranke sowie die Auswirkung von Graphen im Lungengewebe realitätsgenau nachzustellen - ohne Versuche an Tier oder Mensch. Dabei handelt es sich um ein Zellmodell, das die Lungenalveolen abbildet. Herkömmliche In-vitro-Tests arbeiten mit Zellkulturen aus nur einem Zelltypus - das etablierte Lungenmodell dagegen besteht aus drei unterschiedlichen Zelltypen, die die Gegebenheiten innerhalb der Lunge simulieren, nämlich Alveolarepithelzellen sowie zwei Arten von Immunzellen - Makrophagen und dendritische Zellen.

Ein weiterer Faktor, der bei Versuchen in vitro bislang kaum beachtet wurde, ist der Kontakt der Graphenpartikel über die Luft. Gewöhnlich werden Zellen in einer Kulturschale in einer Nährlösung kultiviert und in dieser Form Materialien, zum Beispiel Graphen, ausgesetzt. In der Realität, also an der Lungenbarriere, ist dies allerdings anders. «Der menschliche Organismus kommt am ehesten durch die Atemluft mit Graphenpartikeln in Kontakt», so Tina Bürki von der Empa-Forschungsabteilung «Particles-Biology Interactions». Die Partikel werden also eingeatmet und kommen direkt mit dem Lungengewebe in Berührung. Das neue Lungenmodell ist so aufgebaut, dass sich die Zellen auf einer porösen Filtermembran an der Luft-Flüssigkeit-Grenze befinden und die Forschenden die Graphenpartikel mit Hilfe eines Zerstäubers auf die Lungenzellen sprühen, um

den Vorgang im Körper möglichst genau nachzustellen. Die dreidimensionale Zellkultur «atmet» quasi die Graphen-Stäube ein.

Keine akuten Schädigungen entdeckt

Diese Versuche im 3-D-Lungenmodell brachten nun erste Resultate. Die Forschenden konnten nachweisen, dass sich keine akuten Schäden in der Lunge bilden, wenn Lungenepithelzellen in Kontakt mit Graphenoxid (GO) oder sogenannten Graphennanoplatelets (GNP) kommen. Dazu gehören Reaktionen wie der plötzliche Zelltod, oxidativer Stress oder Entzündungen.

Um auch chronische Veränderungen im Körper aufzuspüren, läuft das SNF-Projekt drei Jahre; als Nächstes stehen langfristige Studien mit dem Lungenmodell an. Wick und sein Team setzen die Lungenzellen dabei nebst reinen Graphenpartikeln auch abgeriebenen Graphenpartikeln aus Komposit-Materialien aus, die klassischerweise zur Verstärkung von Polymeren eingesetzt werden. Daran beteiligt ist Jing Wang von der Empa-Abteilung «Advanced Analytical Technologies». Um auch hier die Menge der Graphenpartikel, denen Menschen ausgesetzt sind, möglichst realistisch abschätzen zu können, untersucht und quantifiziert Wang den Abrieb der Komposit-Materialien. Anhand dieser Daten setzt das Team das 3-D-Lungenmodell realitätsnahen Gegebenheiten aus und ist in der Lage, längerfristig Voraussagen zur Toxizität von Graphen und Graphen-ähnlichen Materialien zu treffen.

Das «Graphene Flagship»

Mit einem Budget von einer Milliarde Euro stellt das «Graphene Flagship» eine neue Form der gemeinsamen, koordinierten Forschung in bisher nicht gekanntem Umfang dar und bildet Europas grösste Forschungsinitiative. Das «Graphene Flagship» hat die Aufgabe, Forschende aus Universitäten beziehungsweise Forschungsinstituten und aus der Industrie zusammenzubringen, um innerhalb von zehn Jahren Anwendungen mit Graphen aus den Labors zur Marktreife zu bringen. Das Konsortium besteht aus mehr als 150 akademischen und industriellen Forschungsgruppen in 23 Ländern. Darüber hinaus hat das Projekt eine wachsende Zahl assoziierter Mitglieder.