

Graphen

<http://www.nanopartikel.info/nanoinfo/materialien/graphen/materialinfo-graphen>

Bestehend aus reinem Kohlenstoff, werden dem Material Graphen (sprich „Grafeen“) äußerst vielversprechende nanotechnologische Anwendungen voraus gesagt. Deshalb fördert die europäische Kommission die Forschung an diesem „Wunder-“ Material mit insgesamt bis zu 1 Milliarde Euro im bisher größten [EU-Forschungsfördervorhaben](#). Und das obwohl, oder gerade weil es erst seit ein paar Jahren überhaupt herstellbar ist.

Eigenschaften und Anwendungen

Als Graphen bezeichnet man genau eine einatomige Lage reinen Kohlenstoffs. Dieses Material ist eine von mehreren (kristallographischen) Modifikationen des Kohlenstoffs. Diese haben trotz gleicher chemischer Zusammensetzung unterschiedliche Eigenschaften, was auf der unterschiedlichen Anordnung der Atome beruht (s. [Kristallstruktur](#)). In der Praxis unterscheidet man zwischen (1) einlagigem Graphen, (2) Graphen mit wenigen Lagen, (3) Graphen mit bis zu 10 Lagen und (4) Graphen mit mehr als 10 Lagen, was unter dem Begriff Graphit bekannt ist.

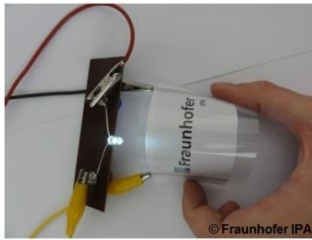
Eine Graphen-Lage ist etwa 0,3 [Nanometer](#) dick, das entspricht einem Hunderttausendstel der Dicke eines menschlichen Kopfhaares. Betrachtet man aber die Ausdehnung in der Fläche einer solchen Schicht, so ist diese in der Regel wesentlich größer. Jedes Kohlenstoff-Atom steht in einer solchen Schicht mit drei weiteren Kohlenstoffatomen in Verbindung, so dass eine bienenwabenartige (zweidimensionale) Schichtstruktur entsteht.

Graphen ist eng verwandt mit Graphit, einer weiteren Modifikation des Kohlenstoffs und bestens bekannt als Bleistiftmine. Graphit besteht aus sehr vielen gestapelten Kohlenstoffschichten und weist daher eine dreidimensionale Schichtstruktur auf. Neben Graphen und Graphit sind weitere bekannte Modifikationen des Kohlenstoffs [Diamant](#), [Fullerene](#), [Kohlenstoff-Nanoröhrchen](#) sowie [Industrieruß](#) als sogenannter amorpher Kohlenstoff. Bislang werden jedoch auch in der Fachliteratur die Begriffe für die unterschiedlichen Graphen-Sorten nicht immer präzise angewendet, so dass – je nach Kontext – dieselbe Bezeichnung für unterschiedliche Graphen-Arten verwendet wird. ^[1,2]

Graphen und Graphit können mit Sauerstoff in sogenannte Graphenoxide (GO) umgewandelt werden, die unterschiedliche Mengen an gebundenem Sauerstoff enthalten können. Über die Verknüpfung bzw. Funktionalisierung mit anderen Molekülen oder Atomen lassen sich verschiedene chemische Eigenschaften des Materials erzeugen, wobei funktionalisiertes Graphen vorwiegend auf Graphenoxid basiert. In der Praxis sind sauerstofffreies Graphen und Graphenoxid nur schwer voneinander zu trennen, so dass man auch von Graphen-basierten Materialien (GBM) spricht ^[1,2]. Graphen-basierte Materialien weisen in vielerlei Hinsicht herausragende Eigenschaften auf ^[1-7]:

Dient als Flammschutz: gemischt in Kunststoff brennen mehrlagige Graphene nur sehr schwer, blähen sich bei erhöhter Temperatur stark auf und wirken so als Wärmeisolierung.

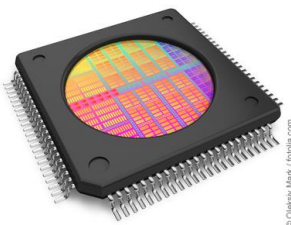
Erhöht die Festigkeit von Kunststoffen: Graphen ist mechanisch hoch belastbar und gleichzeitig elastisch dehnbar. Mit der höchsten je ermittelten [Zugfestigkeit](#) von ca. 130 GigaPascal (10^9 Pa) ist einlagiges Graphen 25- bis 250-mal zugfester als Stahl – bei gleichem Gewicht ^[6].



CVD Graphen basierende durchsichtige biegbare elektrisch leitfähige Schicht

Nutzung in Touchscreens: dünne Graphen-Schichten sind durchsichtig und elektrisch leitfähig, so dass sie als optisch transparente Elektroden in Solarzellen und Touchscreens eingesetzt werden können, was eine kostengünstige Alternative zu den bisher verwendeten, aber teuren Materialien wie [Silber](#) und [Indiumzinnoxid \(ITO\)](#) darstellt.

Nutzung in Verpackungsmitteln, Tanks, Autoreifen, Wärmedämmung: In Kunststoffen eingebracht verhindert funktionalisiertes Graphen generell den Durchtritt von Gasen und Flüssigkeiten. So blieben z.B. dank der Verpackung Lebensmittel länger haltbar und kostengünstige, aber hoch wärmedämmende Isolationsmaterialien z.B. für Gebäude könnten entwickelt werden.



Konventioneller Mikroprozessor mit sichtbaren inneren Strukturen

Anwendung in der Mikro- und Nanoelektronik: Einlagiges Graphen leitet Wärme sowie elektrischen Strom ausgesprochen gut, wodurch sich deutlich leistungsfähigere kohlenstoffbasierte Mikroprozessoren im Vergleich zu den herkömmlichen, Silizium-basierten Prozessoren herstellen lassen.

Anwendung im medizinischen Sektor: Funktionalisiertes Graphen kann z.B. mit pharmakologischen Wirkstoffen beladen werden, die dann gezielt an ihren Zielort transportiert werden. So lassen sich z.B. Krebsbehandlungen effektiver und mit geringeren Nebenwirkungen gestalten. Weiterhin könnte es in neuartigen medizinischen Analyseverfahren zum Einsatz kommen.

Darüber hinaus wird eine große Anzahl **weiterer Anwendungen** diskutiert, z.B. in Kondensatoren für die Energiespeicherung, in organischen Leuchtdioden (OLEDs), in Batterien oder als maßgeschneiderte Katalysatorträger ^[4,6,7].

Für den Endverbraucher finden sich derzeit (noch) keine kommerziellen Produkte, die Graphene enthalten auf dem Markt. Allerdings bieten die genannten Eigenschaften von Graphen und Graphenoxiden vielfältige Möglichkeiten für die Entwicklung neuartiger Produkte mit deutlich verbesserten Leistungsmerkmalen oder ressourcenschonenderem Materialeinsatz.

Herstellung

Graphen wurde erstmals 2004 von einer Gruppe Physiker der University of Manchester unter der Leitung von Andre Geim und Kostya Novoselov hergestellt, die 2010 dafür den Nobelpreis erhielten ^[5].

Bisher wird Graphen nur im Labormaßstab und in Kleinchargen hergestellt. Weltweit gibt es aber umfangreiche Bestrebungen, massenproduktionstaugliche Verfahren zu entwickeln, die sich je nach anvisiertem Anwendungsbereich deutlich unterscheiden. Einlagige und wenig lagige Graphen-Sorten werden entweder über **aufbauende** (*engl. bottom up*) Verfahren oder über **abbauende** (*engl. top down*) Schälverfahren hergestellt.

Bei den **abbauenden Schälverfahren** wird eine einlagige Graphen-Schicht von einem großen Graphitkristall abgetrennt, was meist mechanisch mittels Klebeband erfolgt. Oder aber man gewinnt Graphitoxid aus Graphit, wobei das Graphitoxid im Anschluss chemisch oder thermisch in einer Flüssigkeit zu mehrlagigem Graphen bzw. Graphenoxid umgewandelt wird. Mehrlagige Graphene, z.B. als Kunststoffzusatz oder Wirkstoffträger, können nach einer chemischen Funktionalisierung auch direkt mit anderen Materialien (z.B. mit Kunststoff) zur gemeinsamen Weiterverarbeitung gemischt werden.

In **aufbauenden Verfahren** wird z.B. auf eine gereinigte und/oder beschichtete Metalloberfläche (den Träger) Methan aufgeblasen. Dieses Gas zersetzt sich dort und bildet dabei Graphen. Bei der Herstellung von elektrischen Komponenten werden die Graphenlagen zunächst von dem ersten Träger abgelöst und auf einen zweiten überführt. Durch weitere Verarbeitungsschritte können anschließend verschiedene elektronische Komponenten hergestellt werden.

Detailliertere Angaben zu untersuchten Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren von Graphen finden sich in der Literatur ^[7,8,9].