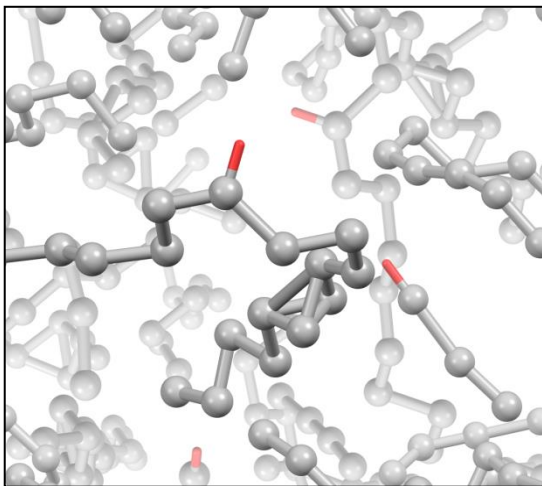


## Magnetischer Kohlenstoff mit winzigen Mustern

Mikro- und Nanostrukturierung per Lithographie – Potenzial für Mikro- und Nanoelektromechanische Systeme sowie bildgebende Techniken – Publikation in Journal of Applied Physics



*Pyrolytischer magnetischer Kohlenstoff (PMC): Das Modell zeigt die für die magnetischen Eigenschaften verantwortlichen ungepaarten Elektronenspins (rot). (Abbildung: Swati Sharma)*

Forscher am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ist es erstmals gelungen, mikro- und nanostrukturierten magnetischen Kohlenstoff herzustellen. Gemeinsam mit Wissenschaftlern an der Universität Freiburg versahen sie Polymere per Lithographie mit winzig kleinen Strukturen und wandelten sie über Pyrolyse um. So erhielten sie pyrolytischen magnetischen Kohlenstoff (PMC). Dieser ist kostengünstig, lässt sich bei Raumtemperatur nutzen und eignet sich für Mikro und Nanoelektromechanische Systeme (MEMS und NEMS). Im Journal of Applied Physics stellen die Forscher PMC vor. (DOI: 10.1063/1.4972476)

Reiner Kohlenstoff ist normalerweise nicht magnetisch. Daher konzentrierte sich die Nanotechnologie beim Einsatz von Kohlenstoff bisher auf dessen Fähigkeit zum Elektronentransport. Kohlenstoff mit magnetischen Eigenschaften wurde zwar bereits vereinzelt hergestellt, jedoch ohne die Produktion auf die Mikro- und Nanoskala zu übertragen. Forschern um Professor Jan G. Korvink am Institut

**Monika Landgraf**  
Pressesprecherin

Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe  
Tel.: +49 721 608-47414  
Fax: +49 721 608-43658  
E-Mail: [presse@kit.edu](mailto:presse@kit.edu)

**Weiterer Kontakt:**

Kosta Schinarakis  
PKM – Themenscout  
Tel.: +49 721 608 41956  
Fax: +49 721 608 43658  
E-Mail: [schinarakis@kit.edu](mailto:schinarakis@kit.edu)

für Mikrostrukturtechnik (IMT) des KIT ist es zusammen mit Wissenschaftlern um Professor Stefan Weber am Institut für Physikalische Chemie der Universität Freiburg nun erstmals gelungen, mikro- und nanostrukturierten magnetischen Kohlenstoff herzustellen. Der von ihnen gefertigte pyrolytische magnetische Kohlenstoff (PMC) ist kostengünstig, bleibt anders als die meisten magnetischen Materialien auch bei extrem hohen Temperaturen stabil, erfordert keine speziellen Lagerungsbedingungen, lässt sich bei Raumtemperatur nutzen und ist mit den meisten skalierbaren lithographischen Techniken kompatibel.

Wie die Forscher im Journal of Applied Physics berichten, verwendeten sie als Ausgangsstoff Polymere, wie sie gemeinhin bei der Fertigung von Mikroelektromechanischen Systemen (MEMS) eingesetzt werden. MEMS sind winzige Bauteile, die elektrische und mechanische Informationen verarbeiten, unter anderem in der Mess- und Sicherheitstechnik, Medizin- und Automobiltechnik. Die verwendeten Polymere lassen sich durch verschiedene Verfahren mit Mikro- und Nanostrukturen versehen; die Karlsruher und Freiburger Wissenschaftler bedienten sich dazu der Photolithographie und der Zwei-Photonen-Lithographie. Bei Ersterer werden die in einer Maske gespeicherten Informationen durch fotografische Abbildung in eine strahlungsempfindliche Schicht übertragen. Bei Letzterer wird flüssiges Harz durch fokussierte Laserstrahlen ausgehärtet und werden so in hohem Tempo winzige dreidimensionale Strukturen geschaffen.

Die Wissenschaftler unterzogen die strukturierten Polymere einer Pyrolyse, wobei die Temperatur bei nur etwa 600 Grad Celsius lag, was für eine ganze Reihe von MEMS-Materialien verträglich ist. So wandelten sie die Polymere in Kohlenstoff um. „Dieser pyrolytische magnetische Kohlenstoff, kurz PMC, unterscheidet sich grundlegend von glasartigem Kohlenstoff, der klassischen Form des pyrolytischen Kohlenstoffs. PMC besitzt intrinsische magnetische Eigenschaften, weil er während der Pyrolyse seine Mikrostruktur verändert und ungepaarte Elektronenspins aufgebaut hat“, erklärt Dr. Swati Sharma vom IMT des KIT, korrespondierende Autorin der Publikation. „Je mehr ungepaarte Elektronenspins vorliegen, desto stärker sind die magnetischen Eigenschaften.“

Der nach dem dargestellten Verfahren hergestellte pyrolytische magnetische Kohlenstoff (PMC) ist dank seiner Stabilität und der günstigen Herstellungskosten für viele Anwendungen attraktiv, wie für die nächste Generation der Mikroelektromechanischen Systeme (MEMS) und die weiter miniaturisierten Nanoelektromechanischen Systeme (NEMS), für Magnetresonanzspektroskopie und weitere

bildgebende Techniken sowie die Herstellung von magnetischen Kompositen. Darüber hinaus ist PMC interessant für die grundlegende Erforschung magnetischer Phänomene in Kohlenstoff.

Die Herstellung von PMC ist das Ergebnis fachübergreifender Zusammenarbeit: Neben Dr. Swati Sharma, die sich schwerpunktmäßig mit kohlenstoffbasierten MEMS befasst, waren der Physiker Dr. Lorenzo Bordonali und der Chemiker Dr. Neil McKinnon aus der Gruppe von Professor Jan G. Korvink, Experte für Magnetresonanztechnologie, am KIT sowie der Materialwissenschaftler Arpad M. Rostas aus der Gruppe von Professor Stefan Weber an der Universität Freiburg daran beteiligt. Finanziert wurde die Arbeit im Rahmen des EU-Projekts NMCEL unter der Leitung von Professor Jan G. Korvink.

Swati Sharma, Arpad M. Rostas, Lorenzo Bordonali, Neil MacKinnon, Stefan Weber, and Jan G. Korvink: Micro and nano patternable magnetic carbon. *Journal of Applied Physics*, 2016. DOI: 10.1063/1.4972476

**Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) verbindet seine drei Kernaufgaben Forschung, Lehre und Innovation zu einer Mission. Mit rund 9 300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie 25 000 Studierenden ist das KIT eine der großen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Forschungs- und Lehreinrichtungen Europas.**

**KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft**

*Das KIT ist seit 2010 als familiengerechte Hochschule zertifiziert.*

Diese Presseinformation ist im Internet abrufbar unter: [www.kit.edu](http://www.kit.edu)

Das Foto steht in druckfähiger Qualität auf [www.kit.edu](http://www.kit.edu) zum Download bereit und kann angefordert werden unter: [presse@kit.edu](mailto:presse@kit.edu) oder +49 721 608-47414. Die Verwendung des Bildes ist ausschließlich in dem oben genannten Zusammenhang gestattet.