

## Pressemitteilung

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Claudia Eulitz

18.03.2021

<http://idw-online.de/de/news765191>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen  
Medizin, Werkstoffwissenschaften  
überregional



## Wie ein künstliches Nervensystem

**Interdisziplinäres Forschungsteam im GRK „Materials for Brain“ stellt extrem leitfähiges Hydrogel für medizinische Anwendungen her**

Hydrogele werden aufgrund ihrer gewebeähnlichen mechanischen Eigenschaften immer mehr im biomedizinischen Bereich eingesetzt. Ein bekanntes Beispiel sind weiche Kontaktlinsen. Diese gelartigen Polymere bestehen zu 90 Prozent aus Wasser, sind elastisch und besonders biokompatibel. Hydrogele, die zusätzlich auch noch elektrisch leitfähig sind, erlauben weitere Einsatzmöglichkeiten, zum Beispiel bei der Weitergabe von elektrischen Signalen im Körper oder als Sensoren. Ein interdisziplinäres Forschungsteam des Graduiertenkollegs (GRK) 2154 „Materials for Brain“ an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) hat nun eine Methode entwickelt, mit der sich Hydrogele mit einer sehr guten elektrischen Leitfähigkeit herstellen lassen. Das Besondere an ihrer Methode: Die mechanischen Eigenschaften der Hydrogele bleiben dabei weitestgehend erhalten. So könnten sie sich zum Beispiel besonders gut als Material für medizinische funktionale Implantate eignen, die bei bestimmten Gehirnerkrankungen eingesetzt werden. Ihre Ergebnisse erschienen am 16. März 2021 in der renommierten Fachzeitschrift Nano Letters.

„Die Elastizität von Hydrogelen lässt sich an die unterschiedlichen Gewebearten im Körper anpassen, auch an die Konsistenz von Gehirngewebe. Deshalb sind sie für uns besonders als Implantatmaterial interessant“, erklärt Materialwissenschaftlerin Margarethe Hauck, Doktorandin im GRK 2154 und eine der Erstautorinnen der Studie. Der interdisziplinäre Zusammenschluss aus Materialwissenschaft und Medizin erforscht unter anderem die Entwicklung von neuen Materialien für Implantate, zum Beispiel zur Wirkstofffreisetzung bei Gehirnerkrankungen wie Epilepsie, Tumoren oder Aneurysmen. Mit leitfähigen Hydrogelen könnte die Freisetzung von Wirkstoffen gesteuert werden, um bestimmte Erkrankungen lokal noch gezielter behandeln zu können.

Um elektrisch leitfähige Hydrogele herzustellen, werden herkömmlichen Hydrogelen in der Regel stromleitende Nanomaterialien aus Metallen oder Kohlenstoff beigemischt, wie beispielsweise Goldnanodrähte, Graphen oder Kohlenstoffnanoröhren. Für eine gute Leitfähigkeit ist oft eine hohe Konzentration der Nanomaterialien nötig. Das verändert jedoch die ursprünglichen mechanischen Eigenschaften der Hydrogele wie ihre Elastizität – und damit auch ihre Wechselwirkung mit den umgebenden Zellen. „Zellen reagieren besonders sensibel auf die Beschaffenheit ihrer Umgebung. Sie fühlen sich am wohlsten mit Materialien, die in ihren Eigenschaften ihrer natürlichen Umgebung im Körper möglichst genau entsprechen“, erklärt Christine Arndt, Doktorandin am Institut für Materialwissenschaft der CAU und ebenfalls Erstautorin der Studie.

Herstellungsmethode braucht weniger Graphen als bisherige Ansätze

In engem Austausch verschiedener Arbeitsgruppen konnte das Forschungsteam jetzt ein Hydrogel entwickeln, das beide Anforderungen optimal vereint und sowohl elektrisch leitfähig ist als auch seine ursprüngliche Elastizität behält. Für die nötige Leitfähigkeit nutzten sie Graphen, das auch bei anderen Herstellungsansätzen bereits zum Einsatz kam. „Graphen hat herausragende elektrische und mechanische Eigenschaften und ist zudem besonders leicht“, betont Nachwuchsgruppenleiter Dr. Fabian Schütt die Vorteile des ultradünnen Materials, das nur aus einer Lage von

Kohlenstoffatomen besteht. Der Unterschied in ihrem neuen Verfahren liegt in der verwendeten Menge an Graphen. „Wir kommen mit deutlich weniger Graphen aus als vorherige Studien, so dass die zentralen Eigenschaften des Hydrogels bei uns nicht beeinflusst werden“, fasst Schütt die von ihm initiierte Studie zusammen.

Dazu beschichteten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine feine Gerüststruktur aus keramischen Mikropartikeln dünn mit Graphenflocken. Anschließend fügten sie das Hydrogel Polyacrylamid hinzu, das sich um das Gerüst schloss, und ätzten das Gerüst selbst weg. Die dünne Graphenbeschichtung blieb davon unbeeinflusst im Hydrogel zurück. So ziehen sich nun mit Graphen beschichtete Mikrokanäle wie ein künstliches Nervensystem durch das gesamte Hydrogel.

Spezielle 3D-Aufnahmen des Helmholtz-Zentrums Geesthacht (HZG) verdeutlichen die hohe elektronische Leitfähigkeit dieses Kanalsystems: „Dank der zahlreichen Verbindungen zwischen den einzelnen Graphenkanälen finden elektrische Signale immer einen Weg durch das Material und machen es wenig fehleranfällig“, sagt Dr. Berit Zeller-Plumhoff, Leiterin der Abteilung Bildgebung und Datenwissenschaften am HZG und assoziiertes Mitglied im GRK. Mithilfe hochintensiver Röntgenstrahlung hat die Mathematikerin die Bilder an einer vom HZG betriebenen Messlinie am Speicherring PETRA III des Deutschen Elektronen-Synchrotrons (DESY) in kurzer Zeit erstellt. Das dreidimensionale Netzwerk hat noch einen weiteren Vorteil: Es ist dehnbar und kann sich so relativ flexibel an seine Umgebung anpassen.

Weitere Einsatzmöglichkeiten in Biomedizin und Soft Robotics denkbar

„Mit den Kooperationen zwischen verschiedenen Arbeitsgruppen bietet das GRK ideale Voraussetzungen für biomedizinische Forschungsfragen, die eine interdisziplinäre Herangehensweise verlangen“, sagt Christine Selhuber-Unkel, erste Sprecherin des GRK und mittlerweile Professorin für Molecular Systems Engineering an der Universität Heidelberg. „Dieses komplexe Forschungsfeld an der Schnittstelle von Materialwissenschaft und Medizin wird sich in den nächsten Jahren enorm weiterentwickeln und der nationale und internationale Bedarf an qualifizierten Fachleuten wird steigen – darauf wollen wir unsere Promovierenden bestmöglich vorbereiten“ ergänzt ihr Nachfolger Rainer Adelung, Professor für Funktionale Nanomaterialien an der CAU und seit 2020 Sprecher des GRK.

Künftig sind verschiedene weitere Einsatzmöglichkeiten des neuen leitfähigen Hydrogels denkbar: Margarethe Hauck will perspektivisch ein Hydrogel entwickeln, das auf geringe Temperaturänderungen reagiert und darüber Wirkstoffe im Gehirn gesteuert freisetzen könnte. Christine Arndt forscht daran, wie sich elektrisch leitfähige Hydrogele als biohybride Roboter einsetzen lassen. Die Kraft, die Zellen auf ihre Umgebung ausüben, könnte hier verwendet werden, um miniaturisierte robotische Systeme anzutreiben.

Die Studie wurde unterstützt durch die VolkswagenStiftung sowie durch den Sonderforschungsbereich 1261 „Biomagnetische Sensorik“ und das Graduiertenkolleg 2154 „Materials for Brain“ der CAU.

Bildmaterial steht zum Download bereit:

<http://www.uni-kiel.de/de/pressemitteilungen/2021/059-hydrogel-1.jpg>

Bildunterschrift: Die Materialwissenschaftlerinnen Margarethe Hauck (links), Doktorandin im GRK 2154, und Christine Arndt (rechts), Doktorandin am Institut für Materialwissenschaft, haben ein Hydrogel entwickelt, das extrem leitfähig ist und dabei seine elastischen Eigenschaften behält.

© Florian Rasch / Laith Kadem

<http://www.uni-kiel.de/de/pressemitteilungen/2021/059-hydrogel-2.jpg>

Bildunterschrift: Das elektrisch leitfähige Hydrogel könnte sich für Implantate eignen, über die bei bestimmten Gehirnerkrankungen medizinische Wirkstoffe gesteuert freigesetzt werden können.

© Christine Arndt

<http://www.uni-kiel.de/de/pressemitteilungen/2021/059-hydrogel-3.jpg>

Bildunterschrift: Das Hydrogel ist durchzogen von Mikrokanälen aus ultraleichtem, elektrisch leitfähigen Graphen.  
© Irene Wacker

<http://www.uni-kiel.de/de/pressemitteilungen/2021/059-hydrogel-4.jpg>

Bildunterschrift: Winzige „Stromleitung“ im Längsschnitt: Der Durchmesser der Mikrokanäle beträgt nur wenige Mikrometer.  
© Irene Wacker

<http://www.uni-kiel.de/de/pressemitteilungen/2021/059-hydrogel-5.jpg>

Bildunterschrift: Jede Farbe steht für einen zusammenhängenden Mikrokanal: Die Mikrocomputertomographieaufnahme macht deutlich, wie sehr die einzelnen Kanäle untereinander verbunden sind – und damit, wie zuverlässig elektrische Signale durch das gesamte Material fließen können.  
© Berit Zeller-Plumhoff / HZG

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Professor Dr. Rainer Adelung  
Sprecher Graduiertenkolleg 2154 „Materials for Brain“  
Universität Kiel  
Tel. +49 431 880-6116  
E-Mail: [ra@tf.uni-kiel.de](mailto:ra@tf.uni-kiel.de)

Dr.-Ing. Fabian Schütt  
Telefon: +49 431 880-6024  
E-Mail: [fas@tf.uni-kiel.de](mailto:fas@tf.uni-kiel.de)

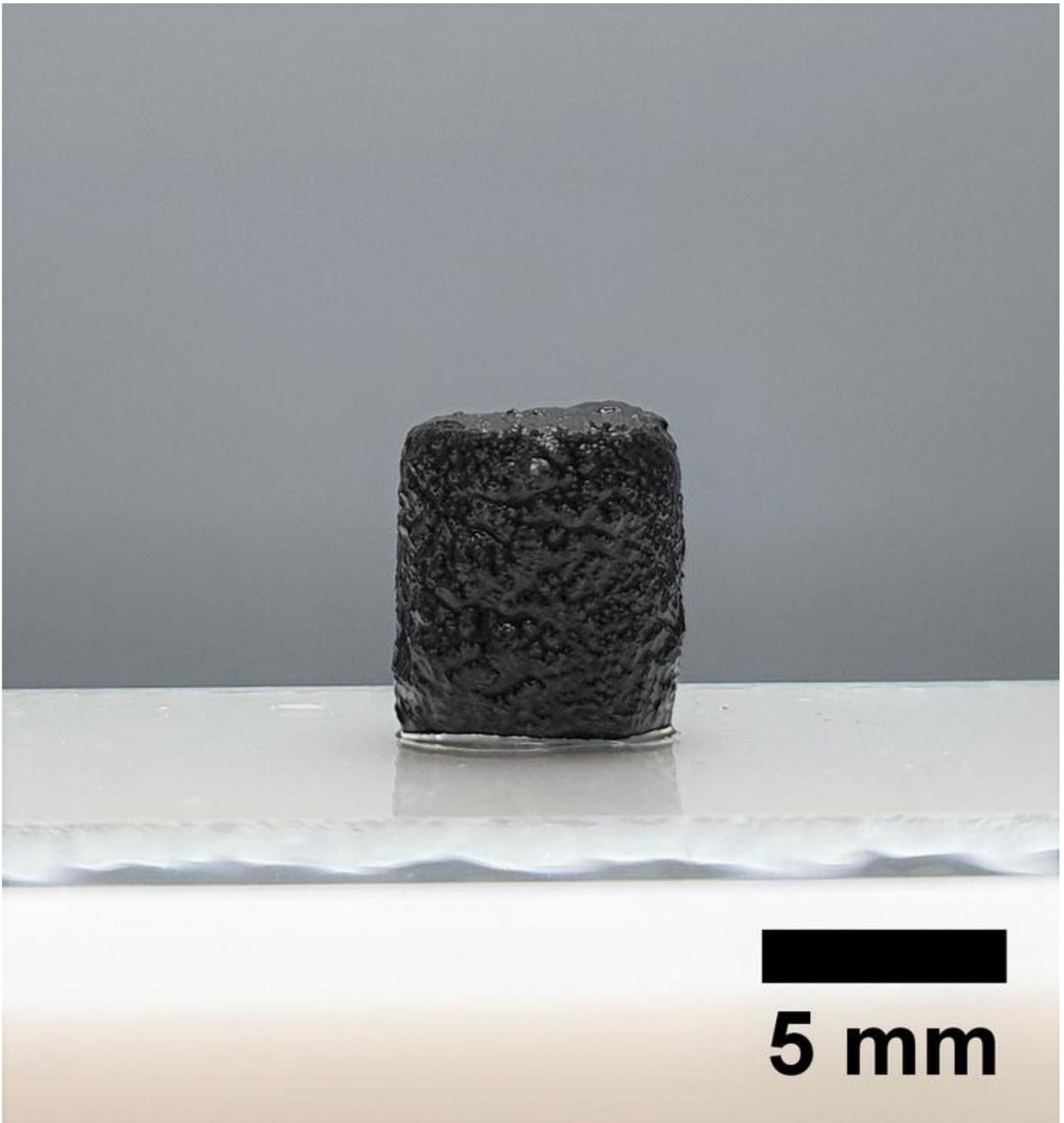
Originalpublikation:

Microengineered Hollow Graphene Tube Systems Generate Conductive Hydrogels with Extremely Low Filler Concentration, Christine Arndt, Margarethe Hauck, Irene Wacker, Berit Zeller-Plumhoff, Florian Rasch, Mohammadreza Taale, Ali Shaygan Nia, Xinliang Feng, Rainer Adelung, Rasmus R. Schröder, Fabian Schütt, Christine Selhuber-Unkel, Nano Letters, Articles ASAP (Letter), March 16, 2021, <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.0c04375>

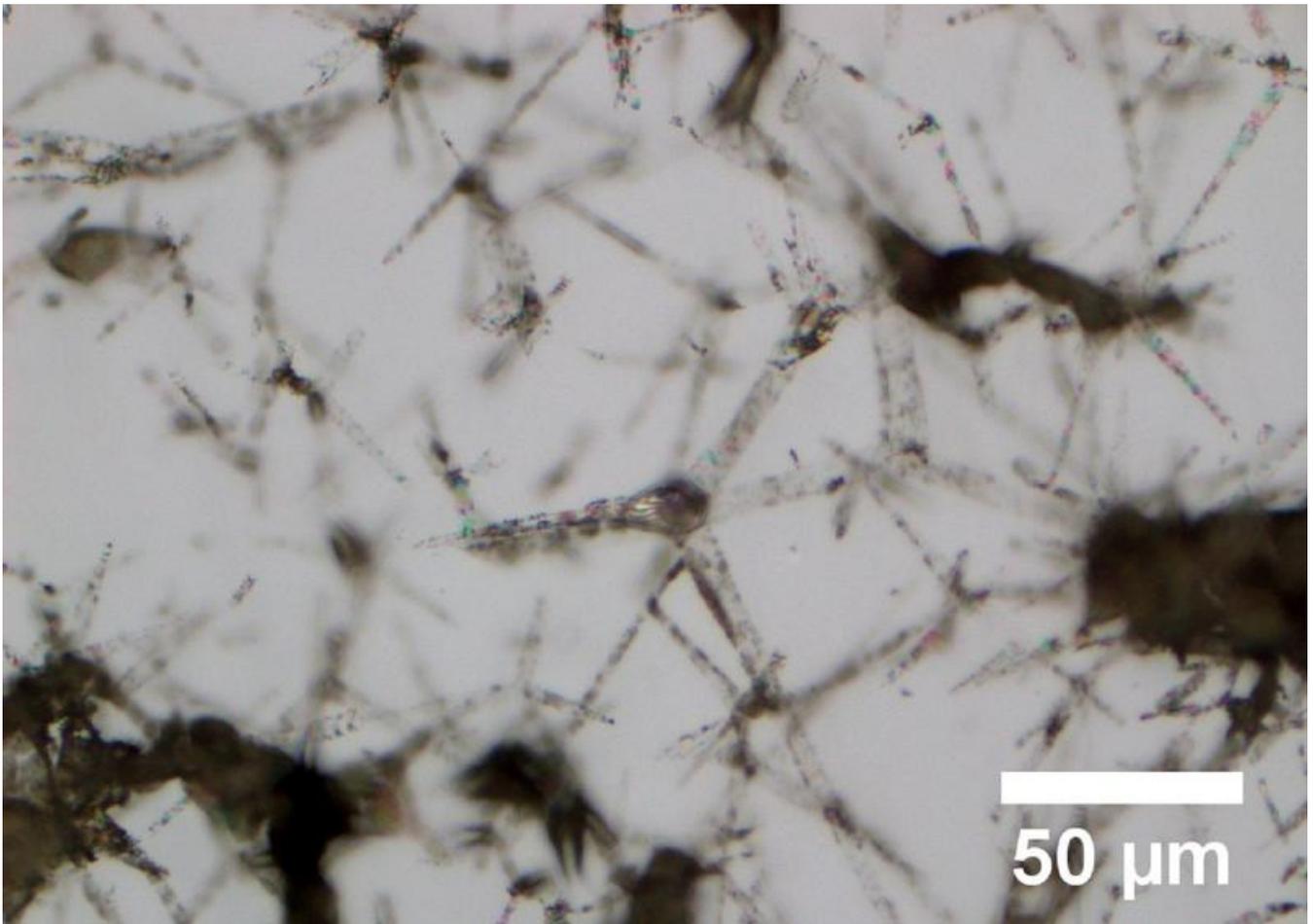
URL zur Pressemitteilung: <http://www.uni-kiel.de/de/detailansicht/news/059-hydrogel> - Link zur Meldung

URL zur Pressemitteilung: <http://www.kinsis.uni-kiel.de> - Forschungsschwerpunkt "Kiel Nano, Surface and Interface Science" der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

URL zur Pressemitteilung: <http://www.grk2154.uni-kiel.de> - Website des Graduiertenkollegs 2154



Das elektrisch leitfähige Hydrogel könnte sich für Implantate eignen, über die bei bestimmten Gehirnerkrankungen medizinische Wirkstoffe gesteuert freigesetzt werden können.  
Foto: Christine Arndt



Bildunterschrift: Das Hydrogel ist durchzogen von Mikrokanälen aus ultraleichtem, elektrisch leitfähigen Graphen.  
Bild: Irene Wacker