

Press release

Universität Hamburg

Abteilung 2,

02/09/2022

<http://idw-online.de/en/news788131>Research results, Scientific Publications
Chemistry, Electrical engineering, Energy, Materials sciences, Physics / astronomy
transregional, national

Leicht, stabil und funktional – Nanopartikel-basierte Aerogele aus dem 3D-Drucker

Ein Forschungsteam von der Universität Hamburg und DESY hat ein neues Verfahren entwickelt, mit welchem kolloidale Nanomaterialien in Form eines sogenannten Aerogels in 3D gedruckt werden können. Diese Materialklasse zeichnet sich durch eine außergewöhnlich hohe Porosität aus und eröffnet vielseitige Anwendungen in der Katalyse, Energiespeicherung oder Sensorik. Im Fachmagazin *Advanced Functional Materials* berichten die Forschenden, wie der 3D-Druck durch eine raffinierte Behandlung während des Verfahrens möglich wurde.

Aerogele sind makroskopische Feststoffe und bestehen abseits eines dreidimensionalen Nanopartikel-Netzwerks fast ausschließlich aus luftgefüllten Nanoporen. Durch die schwammartige, nanoporöse Struktur weist das Material eine außergewöhnlich hohe Oberfläche auf und kann abhängig von der Zusammensetzung des nanoskopischen Netzwerks mit unterschiedlichen funktionalen Eigenschaften ausgestattet werden. Diese Charakteristik macht Aerogele sehr vielversprechend für die Wärmedämmung aber auch für Anwendungen, bei denen chemische Reaktionen auf der Oberfläche der Nanopartikel durchgeführt werden müssen, wie zum Beispiel in der Katalyse, Energiespeicherung oder Sensorik.

„Bislang ließen sich Flüssigkeiten mit darin enthaltenen Nanopartikeln aber nur über ein Gießverfahren in ein festes Aerogel prozessieren“, sagt Matthias Rebber, der Erstautor der Studie, die auch vom Exzellenzcluster „CUI: Advanced Imaging of Matter“ und dem Graduiertenkolleg NANOHYBRID der Universität Hamburg unterstützt wurde. Der Nachteil des Gießverfahrens ist, dass sich das Gel nicht zuverlässig aus der Gussform entfernen lässt, was zu hohen Ausschussraten in der Produktion führt und nur simple Geometrien erlaubt.

Beim 3D-Druck wird diese Form nicht mehr benötigt. Die Forschenden nutzten gelartige Tinten auf Basis von TiO₂ Nanopartikeln und drückten diese mit Hilfe einer Spritzenpumpe durch die feinen Drucknadeln eines 3D-Druckers. „Eine der großen Herausforderungen war es das filigrane Nanopartikel-Netzwerk während des gesamten Prozesses aufrechtzuerhalten,“ erklärt Dorota Koziej, Professorin am Center for Hybrid Nanostructures (CHyN) an der Universität Hamburg und Forscherin im Exzellenzcluster. Bei einem gewöhnlichen Druck an Raumluft trocknen die dünnen Fäden bereits innerhalb weniger Sekunden, wodurch das nanoporöse Netzwerk kollabiert. Die Forschenden suchten daher nach einem neuen Weg, wie sich das Aerogel aus TiO₂ Nanopartikeln mit dem 3D-Druck vereinen lässt. Die Lösung besteht in einem Flüssigkeitsbad, welches als Medium für die gelartige Tinte während des 3D-Drucks dient und eine Beschädigung des nanoporösen Netzwerks durch eine Trocknung an Luft verhindert. Darüber hinaus enthält die Flüssigkeit ein Gelierungsmittel, welches die sehr weiche Tinte nach dem Druck aushärtet und so auch komplexe Druckgeometrien zulässt.

Diese komplexen Geometrien sind der entscheidende Vorteil des 3D-Drucks gegenüber bereits etablierten Gießverfahren. „Eine hierarchische Architektur, welche alle Längen auf der Nano-, Mikro- und Makroskala umfasst, ist entscheidend, um die maximale Effizienz des Aerogels in der späteren Anwendung herauszuholen“, sagt Dorota Koziej. Um dies zu demonstrieren, beluden die Forschenden das TiO₂ Aerogel zusätzlich mit Goldnanostäbchen. Dieses

Material kann durch eine plasmonische Anregung Licht effizient in Wärme umwandeln, um beispielsweise katalytische Reaktionen zu beschleunigen. „Wir können durch den 3D Druck nun die Wechselwirkung mit dem Licht gezielt steuern und zum Beispiel die Eindringtiefe in das Material gegenüber unstrukturierten Materialien vervierfachen,“ ergänzt Matthias Rebber.

Dieses Experiment diene den Forschenden vor allem als Machbarkeitsstudie, dass funktionelle Eigenschaften wie das photothermale Heizen der Goldnanostäbchen durch den 3D-Druck strukturiert werden können. In einem nächsten Schritt soll das Konzept auf weitere Materialkombinationen erweitert werden. „Nanomaterialien sind für ihre außergewöhnlichen elektrischen, optischen oder auch magnetischen Eigenschaften bekannt. Diese können wir während der Synthese in unserem Labor gezielt einstellen und so an die Anwendung als Katalysator, Batterie oder Sensor anpassen“, sagt Dorota Koziej. Sinnvolle und anwendbare Kombinationen herauszufinden, ist ein Ziel für weitere Arbeiten des Forschungsprojekts. Matthias Rebber ist zuversichtlich, dass dies gelingen wird. „Das Schöne an unserem Druckverfahren ist das Baukastenprinzip in der Tintenformulierung. Wir nutzen die TiO₂ Nanopartikel als Grundgerüst und können bereits heute dieses Netzwerk mit einer großen Palette an Nanomaterialien beladen. Aufgrund des nanoporösen Grundgerüsts erhalten wir ein Material, das nicht nur leicht und stabil ist, sondern darüber hinaus je nach Materialkombination auch unterschiedliche funktionale Eigenschaften aufweisen kann.“ Neben TiO₂ lässt sich das Aerogel-Grundgerüst prinzipiell aus allen kolloidalen Nanopartikeln herstellen. „Wenn wir es schaffen dieses Konzept auch auf weitere Materialienklassen zu übertragen, sind der Kreativität und der späteren Anwendung unseres Druckverfahrens keine Grenzen gesetzt.“

contact for scientific information:

Prof. Dr. Dorota Koziej

Tel.: +49 40 42838-1619

E-Mail: dkoziej@physnet.uni-hamburg.de

Original publication:

Matthias Rebber, Malte Trommler, Irina Lokteva, Samanehalsadat Ehteram, Andreas Schropp, Sandra König, Michael Fröba, and Dorota Koziej. „Additive-Free, Gelled Nanoinks as a 3D Printing Toolbox for Hierarchically Structured Bulk Aerogels“, *Advanced Functional Materials* 2022, 2112914.

<https://doi.org/10.1002/adfm.202112914>

URL for press release: <http://www.cui-advanced.uni-hamburg.de/research/wissenschaftsnews/22-02-09-aerogel.html>
- Link zur Pressemitteilung



Ein würfelförmiges 3D-gedrucktes mit Goldnanostäbchen beladenes TiO₂-Aerogel ist aufgrund einer schwammartigen, nanoporösen Struktur so leicht, dass sich die Blüte einer Orchidee nicht verbiegt. Gleichzeitig sind die Materialien extrem stabil.

UHH/Matthias Rebber
Matthias Rebber

D