



PRESSEMITTEILUNG

Alternative zu Platin: Katalysator aus Eisen-Stickstoff-Komplexen in Graphen

Mit einem neuen Präparationsverfahren haben Teams am HZB und der TU Darmstadt ein preiswertes Katalysatormaterial für Brennstoffzellen hergestellt und eingehend analysiert: Es besteht aus Eisen-Stickstoff-Komplexen, die in Graphen-Inseln von nur wenigen Nanometern im Durchmesser eingebettet sind. Dabei sorgen nur die FeN₄-Zentren für die hervorragende katalytische Wirkung, die an Platin heranreicht. Die Ergebnisse lassen sich auch für die solare Wasserstoffproduktion nutzen und sind im Journal of the American Chemical Society veröffentlicht.

Brennstoffzellen wandeln die in Wasserstoff (H₂) gebundene chemische Energie in elektrische Energie um, indem sie Wasserstoffgas mit Sauerstoff (O₂) der Luft zu Wasser (H₂O) elektrochemisch „verbrennen“ und dabei Strom erzeugen. Künftige Elektroautos könnten daher anstatt mit schweren Batterien auch sehr gut mit Brennstoffzellen angetrieben werden. Damit jedoch die „kalte“ Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff gut funktioniert, müssen die Anode und die Kathode der Brennstoffzelle mit hochaktiven Katalysatoren beschichtet werden. Das Problem dabei: Bislang werden dafür platinbasierte Katalysatoren (Pt/C) eingesetzt, die zu etwa 25 Prozent zu den Kosten der Brennstoffzelle beitragen.

Mittlerweile erreichen Eisen-Stickstoff-Komplexe im Graphen (sogenannte Fe-N-C-Katalysatoren) zu Pt/C vergleichbare Aktivitäten für die kathodische Sauerstoffreduktion. „Eine systematische Erforschung der Fe-N-C-Katalysatoren war jedoch schwierig, da die meisten Präparationsansätze zu sehr heterogenen Materialien führen, die neben den gewünschten FeN₄-Zentren auch anorganische Verbindungen wie Eisencarbide oder Nitride enthalten“, erklärt Sebastian Fiechter vom HZB.

Hohe Dichte von katalytisch aktiven Zentren

„Bereits vor einigen Jahren haben wir am HZB ein neues Präparationsverfahren entwickelt, bei dem aus metall-organischen Verbindungen (z.B. Eisen- oder Kobaltporphyrine) diese preiswerten Katalysatoren hergestellt werden“, berichtet Peter Bogdanoff, HZB. Ulrike Kramm und Iris Herrmann-Geppert hatten das Herstellungsverfahren im Rahmen ihrer Doktorarbeiten am HZB weiter optimiert. Die besten der am HZB entwickelten Metall-N-C-Katalysatoren hielten etwa bis 2011 den Weltrekord hinsichtlich der Dichte katalytisch aktiver Zentren. Unklar blieb jedoch, ob anorganische Verbindungen die katalytische Wirkung beeinflussen. Dies konnte das Team nun aufklären.

Berlin, 27. Januar 2016

Weitere Informationen:

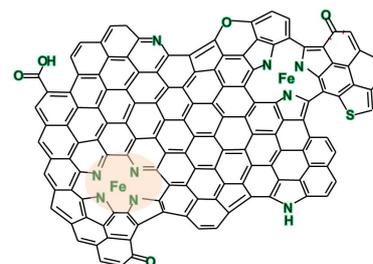
Prof. Dr. Sebastian Fiechter
Institut Solare Brennstoffe
Tel.: +49 (0)30-8062-42927
fiechter@helmholtz-berlin.de

Dr. Peter Bogdanoff
Institut Solare Brennstoffe
Tel.: +49 (0)30-8062-42562
bogdanoff@helmholtz-berlin.de

Arbeitsgruppe TU Darmstadt
Prof. Dr. Ulrike Kramm
Tel.: 06 151-162035
kramm@ese.tu-darmstadt.de

HZB-Presskontakt

Dr. Antonia Rötger
Tel.: +49 (0)30-8062-43733
Fax: +49 (0)30-8062-42998
antonia.roetger@helmholtz-berlin.de



Skizziert ist eine Nanoinsel aus Graphen, in die Eisen-Stickstoff-Komplexe eingelagert sind. Katalytisch wirksam sind FeN₄-Komplexe (orange markiert).

Bild: S. Fiechter/HZB

Reinigungsverfahren eliminiert störende Verbindungen

Der Clou in der aktuellen Arbeit ist ein Reinigungsverfahren (eine Kombination aus thermischer Behandlung mit anschließendem Ätzschritt), das universell für diese Katalysatoren eingesetzt werden kann. Damit kann der Anteil an störenden Metallverbindungen auch bei ursprünglich sehr heterogen zusammengesetzten Metall-N-C-Katalysatoren nachträglich deutlich reduziert werden. Interessant ist hierbei, dass parallel die Aktivität enorm ansteigt! Ulrike Kramm, inzwischen Juniorprofessorin an der TU Darmstadt, gelang es, einige Katalysatoren so zu reinigen, dass sämtliches Eisen ausschließlich in der komplexierten Form aus Eisen und vier Stickstoffatomen (FeN_4) in den Graphenebenen vorliegt. Damit widerlegen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die in Fachkreisen diskutierte These, nach der z.B. Eisennanopartikel die Aktivität von FeN_4 -Zentren als sogenannte Promotoren verbessern.

Jetzt belegt: FeN_4 -Zentren sorgen für die hohe katalytische Wirkung auch ohne Promotoren

„Um diese These zu überprüfen, haben wir eine Vielzahl von komplexen Methoden zur Strukturforschung eingesetzt, wie Mößbauer-Spektroskopie, Elektronenspinresonanz-spektroskopie und die Röntgenabsorptionsspektroskopie bei BESSY II. Damit konnten wir die Zusammensetzung der Katalysatoren genau vermessen“, berichtet Ulrike Kramm.

"Dieses Reinigungsverfahren ermöglicht es uns nun, Katalysatoren mit ausschließlich FeN_4 -Zentren zu erzeugen, so dass wir ganz gezielt untersuchen können, inwieweit bestimmte Verbindungen als Promotoren die Aktivität oder Stabilität verbessern“, fasst Ulrike Kramm ihren Forschungsansatz an der TU Darmstadt zusammen.

Sebastian Fiechter und Peter Bogdanoff setzen am HZB ihre Forschungen an neuartigen Katalysatoren fort: „Die Einsichten in die Wirkungsweise dieser Metall-N-C-Katalysatoren können wir auch für die Entwicklung von Katalysatormaterialien für die solare Wasserstoffproduktion nutzen, die wir am HZB vorantreiben“, sagt Fiechter.

Koppelt man die Forschungsaktivitäten am HZB und der TU Darmstadt wäre es möglich einen komplett regenerativ arbeitenden Energiekreislauf darzustellen, in dem der solar erzeugte Wasserstoff emissionsfrei in kostengünstigen Brennstoffzellen umgesetzt würde.

Die Ergebnisse wurden nun im Journal of the American Chemical Society publiziert.

On an easy way to prepare Metal-Nitrogen doped carbon with exclusive presence of MeN_4 -type sites active for the ORR, by Ulrike I. Kramm, Iris Herrmann-Geppert, Jan Behrends, Klaus Lips, Sebastian Fiechter and Peter Bogdanoff [doi: 10.1021/jacs.5b11015](https://doi.org/10.1021/jacs.5b11015)

Am Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB) erforschen wir komplexe Materialsysteme, die dazu beitragen, Herausforderungen wie die Energiewende zu bewältigen. Ein Schwerpunkt am HZB sind Energiematerialien, insbesondere solche, die auf Dünnschicht-Technologien beruhen: zum Beispiel Materialien für die Dünnschicht-Photovoltaik oder Dünnschicht-Materialien für die Umwandlung von solarer Energie in Wasserstoff. Aber auch Materialien, die eine effizientere IT-Technologie ermöglichen, gehören dazu. Das HZB betreibt außerdem große Infrastrukturen, die sowohl der eigenen Forschung als auch der internationalen Wissenschaftsgemeinschaft zur Verfügung stehen. Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Photonquelle BESSY II, die aktuell zu BESSY-VSR weiterentwickelt wird. Am HZB arbeiten rund 1150 Mitarbeiter/innen. Das HZB ist Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V., der größten Wissenschaftsorganisation Deutschlands.