idw - Informationsdienst Wissenschaft
Nachrichten, Termine, Experten

Pressemitteilung

Technische Universität Darmstadt
Silke Paradowski

27.01.2016
http://idw-online.de/de/news645068

Forschungsergebnisse
Chemie, Energie
überregional

Alternative zu Platin - Preiswertes Katalysatormaterial für Brennstoffzellen hergestellt

Darmstadt, 27. Januar 2016. Mit einem neuen Präparationsverfahren haben Teams am Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) und an der TU Darmstadt ein preiswertes Katalysatormaterial für Brennstoffzellen hergestellt und eingehend analysiert: Es besteht aus Eisen-Stickstoff-Komplexen (FeN4-Zentren), die in Kohlenstoff-Strukturen, sogenannten Graphen-Inseln, von nur wenigen Nanometern im Durchmesser eingebettet sind. Dabei sorgen nur die FeN4-Zentren für die hervorragende katalytische Wirkung, die an die von 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 (H_2) gebundene chemische Energie in elektrische Energie um, indem sie Wasserstoffgas mit Sauerstoff (O_2) der Luft zu Wasser (H_2O) 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 gesamten Systemkosten 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 FeN_4-Zentren auch anorganische Verbindungen wie zum Beispiel 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, um aus metall-organischen Verbindungen – zum Beispiel Eisen- oder Kobaltporphyrine – diese preiswerten Katalysatoren herzustellen", berichtet Peter Bogdanoff vom HZB. Die Wissenschaftlerinnen Ulrike Kramm und Iris Herrmann-Geppert hatten das Herstellungsverfahren im Rahmen ihrer Doktorarbeiten 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.

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 Graduiertenschule Energy Science & Engineering 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 zum Beispiel Eisennanopartikel die Aktivität von FeN_4-Zentren als sogenannte Promotoren verbessern.

FeN_4-Zentren sorgen für hohe katalytische Wirkung ohne Promotoren

„Um diese These zu überprüfen, haben wir eine Vielzahl von komplexen Methoden zur Strukturforschung eingesetzt, wie Mößbauer-Spektroskopie, Elektronenspin¬resonanz¬spektroskopie und die Röntgenabsorptions¬spektroskopie bei BESSY II. Damit konnten wir die Zusammensetzung der Katalysatoren genau vermessen“, berichtet Ulrike Kramm. „Das 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 kürzlich im Journal of the American Chemical Society publiziert.

Weitere Informationen
Die Ergebnisse im Journal of the American Chemical Society: doi: 10.1021/jacs.5b11015

Kontakt für Presseanfragen:
TU Darmstadt, Graduate School of Excellence Energy Science and Engineering
Prof. Dr. Ulrike Kramm
Tel.: 06151/16-20356
E-Mail: kramm@ese.tu-darmstadt.de
MI-Nr. 03/2016, Antonia Rötger/HZB/sip