

## Atomare Untersuchungen verbessern Verständnis der Elektrokatalyse

Neueste Ergebnisse in Nature Catalysis veröffentlicht

Elektrokatalyse ist ein aus der Industrie nicht wegzudenkender Prozess um elektrische Energie direkt in chemische Energie umzuwandeln. Dies wird zunehmend wichtig, da die Menge an elektrischer Energie welche aus erneuerbaren Quellen erzeugt wird, nur bedingt den täglichen Verbrauchsschwankungen angepasst werden kann. Eine Möglichkeit überschüssigen Strom für eine spätere Verwendung zu speichern, ist ihn zum Beispiel zur Wasserstoffherzeugung zu verwenden. Wasserstoff ist ein speicherbarer Energieträger mit enormen Potential für die Zukunft. Wasserstoff entsteht durch die elektrochemische Trennung von Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff. Um diese Trennung zu beschleunigen werden Elektrokatalysatoren verwendet. Je besser der Katalysator, desto effizienter und schneller ist die sogenannte Wasserelektrolyse. Eine Gruppe aus Wissenschaftlern vom Max-Planck-Institut für Eisenforschung (MPIE), dem Helmholtz Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (HI-ERN), der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) sowie der Ruhr-Universität Bochum (RUB) haben nun durch die Verwendung von hochaufgelösten Mikroskopiemethoden herausgefunden, dass die ersten atomaren Schichten an der Oberfläche von Elektrokatalysatoren chemische Veränderungen aufweisen, die die Effizienz des Katalysators bestimmen. Durch die Optimierung der Oberfläche ist es somit möglich die Wasserelektrolyse zu beschleunigen. Dies ist ein wichtiger Schritt in Richtung einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft. Die neuesten Ergebnisse wurden in der Fachzeitschrift Nature Catalysis veröffentlicht.

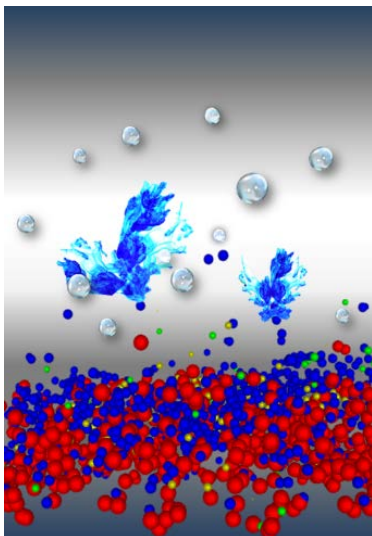
Um effizientere Elektrokatalysatoren für die Energieumwandlung zu entwickeln ist ein tiefes Verständnis des Zusammenhangs zwischen Oberflächenzusammensetzung und elektrochemischen Verhalten *in operando* notwendig. Zum momentanen Stand der Wissenschaft ist die Sauerstoffevolutionsreaktion (englisch: oxygen evolution reaction, OER), also die Spaltung von Wasser in einen seiner Bestandteile Sauerstoff, der bestimmende Schritt der Wasserelektrolyse. Dies ist zu einem großen Teil der Veränderung der Oberflächenzusammensetzung des Katalysators während dieser Reaktion geschuldet. „Das Element Iridium ist als Elektrokatalysator mit hoher Aktivität und Langzeitstabilität bekannt. Durch die Verwendung von Photoelektronenspektroskopie und einer elektrochemischen Durchflusszelle haben wir bereits Messungen zu elektronischen Eigenschaften, sowie Aktivität und Stabilität des sich bildenden Oberflächenoxids durchgeführt.“, so Dr. Olga Kasian, eine Alexander von Humboldt Stipendiatin am MPIE. Mit Hilfe der Atomsonde, einem Analysegerät welches nahezu atomgenau ein Material darstellt, untersuchten die Wissenschaftler die Katalysatoren. Betrachtet wurden die besonders interessanten frühen Stadien des Betriebs, in denen eine erhöhte Aktivität festgestellt wurde, sowie die späteren Stadien

in denen eine Abnahme des Wasserstoffgehaltes während der Elektrolyse beobachtet wird. Durch das räumliche Auflösungsvermögen der Atomsonde konnten die dafür verantwortlichen Oberflächenstrukturen dreidimensional abgebildet werden, aufgelöst nach chemischen Elementen. Dr. Baptiste Gault, Gruppenleiter für Atomsondentomographie am MPIE erklärt: „Unsere Untersuchungen zeigen, dass Oxidcluster sich vermehrt an bestimmten Mikrostrukturen wie zum Beispiel an Korngrenzen, bilden. Nach längerer Wasserelektrolyse konzentrieren sich die Wassermoleküle und Hydroxylgruppen in Oxidclustern und bleiben an der Oberfläche. Dies haben wir durch Markieren mit Isotopen nachgewiesen. Genau diese Oxidcluster sind dafür verantwortlich, dass die Effizienz der Katalysatoren im Laufe der Elektrolyse sinkt.“

Das Team der Werkstoffwissenschaftler und Chemiker kommt daher zum Schluss, dass die Aktivität und Stabilität von Iridium während der OER stark von den nanoskaligen Änderungen der Oberflächenzusammensetzung abhängt. „Dieser innovative Ansatz, der aus der äußerst effektiven Zusammenarbeit zwischen FAU, HI-ERN, MPIE und RUB entsprungen ist, stellt eine bedeutende Grundlage für die Entwicklung von Materialsystemen und elektrochemischen Reaktoren für die Energieumwandlung und –speicherung dar.“, ergänzt Prof. Dr. Karl J.J. Mayrhofer, Direktor des HI-ERN und Professor für Elektrokatalyse an der FAU. In der veröffentlichten Arbeit zeigten die Wissenschaftler auch wie die Kombination von elektrochemischen Messungen und Atomsondentomographie das Verständnis der Beziehungen zwischen Oberflächenstruktur, -zustand und -funktion in Elektrokatalyse verbessert werden kann. Dies ist eine Voraussetzung, um Wasserelektrolyse zu einer nachhaltigen Energiespeichertechnologie zu machen.“

Veröffentlichung:

T. Li, O. Kasian, S. Cherevko, S. Zhang, S. Geiger, C. Scheu, P. Felfer, D. Raabe, B. Gault, K. J. J. Mayrhofer: Atomic-scale insights into surface species of electrocatalysts in three dimensions. DOI: [10.1038/s41929-018-0043-3](https://doi.org/10.1038/s41929-018-0043-3)



Elektrokatalyse trifft auf Atomsondentomographie. Bild: O. Kasian, T. Li, Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH



Dr. Olga Kasian untersuchte die Oberfläche von Iridium-Oxiden mit der Rasterdurchflusszelle, einer Technik die hauptsächlich von Prof. Mayrhofer während seiner Zeit am MPIE entwickelt wurde. Bild: Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH

Die Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH (MPIE) betreibt Grundlagenforschung an Hochleistungsmaterialien, insbesondere metallischen Legierungen und verwandten Werkstoffen. Das Ziel ist einen Fortschritt in den Gebieten Mobilität, Energie, Infrastruktur, Medizin und Sicherheit zu erreichen. Das MPIE wird von der Max-Planck-Gesellschaft und dem Stahlinstitut VDEh finanziert. Auf diese Weise verbinden sich erkenntnisorientierte Grundlagenforschung mit innovativen, anwendungsrelevanten Entwicklungen und Prozesstechnologien.

## **Kontakt:**

Yasmin Ahmed Salem, M.A.  
Referentin für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
E-Mail: [y.ahmedsalem@mpie.de](mailto:y.ahmedsalem@mpie.de)  
Tel.: +49 (0) 211 6792 722  
[www.mpie.de](http://www.mpie.de)

