

## Pressemitteilung

Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft

Jelena Tomovic

01.09.2023

<http://idw-online.de/de/news819863>

Forschungs- / Wissenstransfer, Forschungsergebnisse  
Chemie, Energie, Physik / Astronomie, Umwelt / Ökologie  
überregional



## Anodenmodelle für die grüne Wasserstoffproduktion

**Forschende der Abteilung Interface Science am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft haben Experimente mit atomar definierten Modellanoden durchgeführt, um die komplexen Details der elektrokatalytischen Wasserspaltung aufzudecken, mit dem Ziel, die grüne H<sub>2</sub>-Produktion voranzutreiben.**

Der fortschreitende Klimawandel stellt eine ernsthafte Bedrohung für die Menschheit dar und betrifft das Leben aller, was Maßnahmen zur Einführung einer nachhaltigeren Energieökonomie erfordert. Die Produktion von "grüner" Energie ist eine entscheidende Komponente. Die Energieerzeugung muss jedoch von wirtschaftlichen Speicher- und Transportmethoden begleitet werden. "Grüner" Wasserstoff (H<sub>2</sub>) dient sowohl als Speichermedium als auch als Transportmittel und kann in andere nützliche industrielle Produkte und Energieträger wie Ammoniak umgewandelt werden. Er kann durch Elektrolyse mittels Zersetzung von Wassermolekülen mit "grüner" elektrischer Energie hergestellt werden. In einer elektrokatalytischen Zelle wird molekularer Wasserstoff an der Kathode erzeugt, während die Anode molekularen Sauerstoff (O<sub>2</sub>) produziert.

Die O<sub>2</sub>-Produktion an der Anode ist ein komplexer mehrstufiger Prozess, was es schwierig macht, energieeffiziente Anoden zu entwerfen. Aus diesem Grunde konzentriert sich ein Großteil der Forschung zur Wasserspaltung auf die Anode und nicht auf die Kathode. In realen Elektrolyseuren besitzen Anoden komplexe chemische Zusammensetzungen und Strukturen, was problematisch für ein grundlegendes Verständnis der Elektrolyseprozesse ist. Relevante Information ist in den Messdaten schwer zu isolieren. Um dieses Problem anzugehen, haben Wissenschaftler\*innen der Abteilung Interface Science am FHI einen experimentellen Ansatz entwickelt, bei dem die komplexe Anode durch ein einfacheres Modellsystem ersetzt wird.

In diesem Ansatz handelt es sich bei der Modellanode um einen wohldefinierten kristallinen dünnen Oxidfilm, was kontrollierte Variationen seiner ursprünglichen Zusammensetzung und Struktur ermöglicht. Um höchstmögliche Reinheit sicherzustellen, werden die Anoden unter Ultrahochvakuum-Bedingungen hergestellt und bei allen nachfolgenden Studien wird vermieden, die Proben der Umgebungsluft auszusetzen. Diese strikte Methodik schützt die Anode vor Kontamination und daraus resultierende problematische Auswirkungen auf die Qualität der experimentellen Daten. Die genaue Kenntnis der Anodeneigenschaften bis hin zur atomaren Struktur ist ein zentraler Aspekt des Ansatzes. Der Schwerpunkt liegt darauf, zentrale Aspekte der Wasserspaltungskatalyse zu untersuchen, einschließlich mechanistischer mikroskopischer Details der O<sub>2</sub>-Bildungsreaktion, der aktiven Zentren, der Elektrodenalterung und dem Einfluss der Struktur und Zusammensetzung der Anode auf die Leistung des Elektrolyseurs. Es ist bekannt, dass sich unter Reaktionsbedingungen eine Oxyhydroxidschicht auf der Anodenoberfläche bildet, aber die Eigenschaften dieser Schicht sowie die optimale Struktur, Dicke und Zusammensetzung sind noch unbekannt. Es ist jedoch allgemein akzeptiert, dass eine strukturelle Transformation während der O<sub>2</sub>-Produktion stattfindet, die zu ähnlichen Resultaten führt, unabhängig von der ursprünglichen Struktur der Anode. Andererseits, wie gezeigt werden konnte, bestimmen die ursprünglichen Eigenschaften der Anode die Transformation während des Betriebs und letztendlich die Langzeitaktivität und Stabilität des Elektrolyseurs.

Es ist allgemein bekannt, dass die Zugabe von Eisen zu Kobaltoxid-Anoden deren Leistung signifikant verbessert. Der zugrunde liegende Mechanismus wird aktuell noch diskutiert. Ein umfassendes Verständnis der spezifischen Rolle des Eisens ist entscheidend für die Optimierung von Reaktionsumsatzes solcher Anoden. Mit dem Ziel, Beiträge zum Verständnis der Rolle des Eisens zu liefern führten wir eine Studie an dünnen kristallinen Co/Fe Mischoxidnanoden mit verschiedenen Co:Fe-Konzentrationsverhältnissen durch. Die einfache Struktur der Modellanoden und ihre strikt definierte chemische Zusammensetzung ermöglichte es uns, eine quantitative Beziehung zwischen dem Umsatz bei der O<sub>2</sub>-Bildung und der Zusammensetzung und der Struktur des Oxids herzustellen, wo der vorteilhafte Effekt der Eisenzugabe offensichtlich wurde. Stabilitätsstudien zeigten weitere zeitabhängige Umsatzverbesserungen, die auf die Auflösung des Eisens im Elektrolyten zurückzuführen sind. Letztendlich führt dieser Prozess zur Bildung einer stabilen und hochaktiven Anode.

Die Studie zielt auf die Erzielung von Erkenntnissen, welche helfen, die Kosten für die Herstellung und den Betrieb von Elektrolyseuren zu minimieren. Die Kostensenkung durch die Umstellung auf alkalische Reaktionsbedingungen und die Verwendung von leicht verfügbaren preisgünstigen Materialien sind von entscheidender Bedeutung für die Verbreitung einer auf H<sub>2</sub> basierenden Energieökonomie. Die derzeitige Elektrolysetechnologie verwendet teure Metalle wie Iridium und Platin für die energieeffiziente Elektrolyse. Der Ersatz dieser teuren Metalle durch die kostengünstigeren Kobalt- und Eisenoxide würde die Gesamtkosten der Wasserspaltung senken und die wirtschaftliche Attraktivität dieses Prozesses erhöhen. Die elektrische Effizienz ist ein weiterer entscheidender Kostenfaktor, der von Details der chemischen Zusammensetzung und Struktur der Elektroden abhängt. Diese Studie zielt darauf ab, unser Verständnis der Zusammenhänge zwischen den Elektrodeneigenschaften und ihrer Leistungsfähigkeit zu vertiefen, um Verfahren für die Herstellung von hocheffizienten Elektroden zu verbessern.

Diese Forschung wurde im Rahmen des von der DFG geförderten Transregio 247-Projekts durchgeführt und wurde auch vom BMBF-Projekt CATLAB unterstützt. Die Ergebnisse dieser Studie wurden in Nature Communications veröffentlicht.

wissenschaftliche Ansprechpartner:

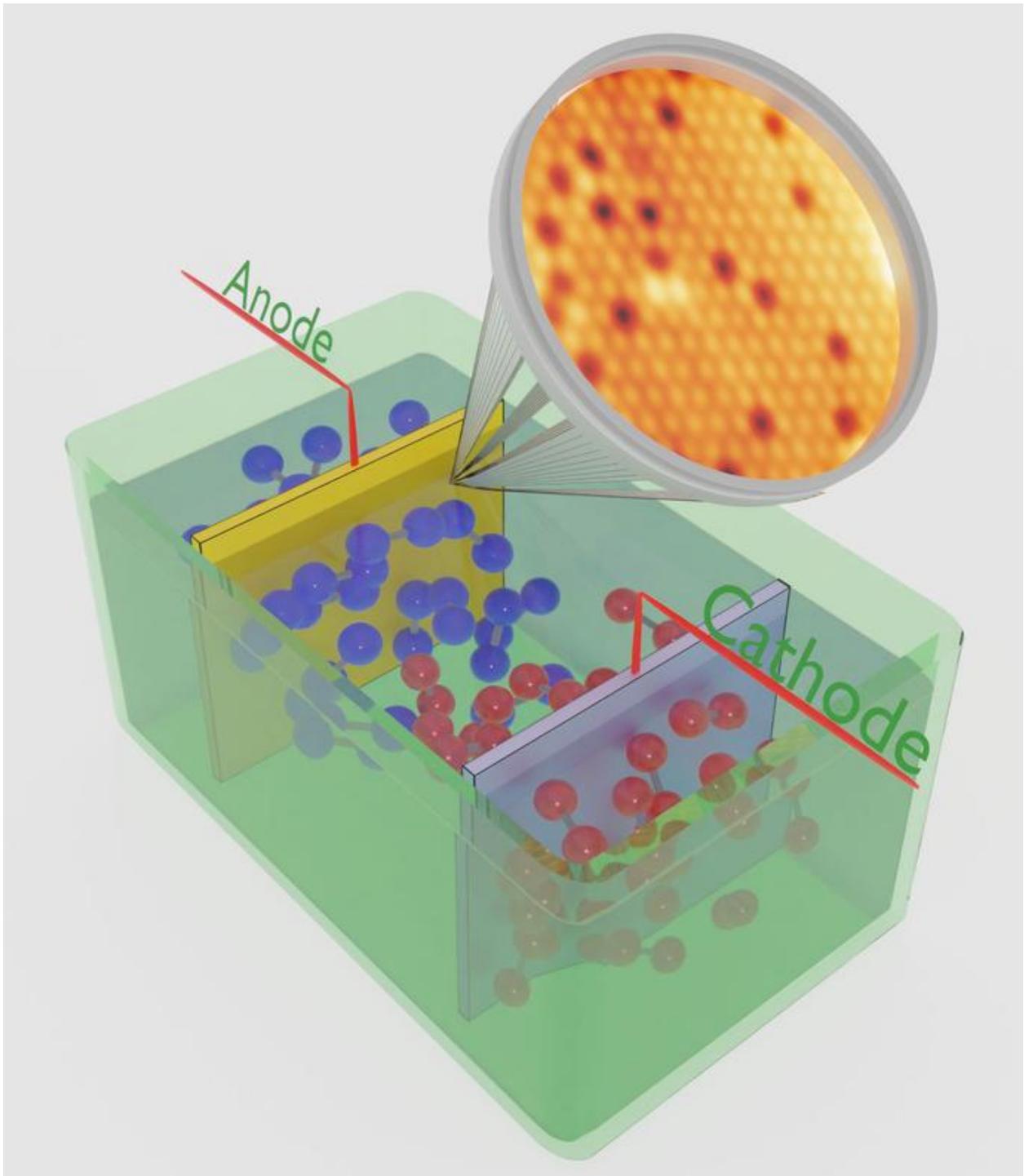
Dr. Helmut Kuhlenbeck

+49 30 841-4222 [kuhlenbeck@fhi-berlin.mpg.de](mailto:kuhlenbeck@fhi-berlin.mpg.de)

Originalpublikation:

<https://www.nature.com/articles/s41467-023-40461-0#citeas>

URL zur Pressemitteilung: <https://www.fhi.mpg.de/1350647/2023-08-25-Anode-Models>



Schematische Darstellung eines Elektrolyseurs mit einer kristallinen Anode.

© FHI

© FHI