

Pressemitteilung

Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft

Dr. Jelena Tomovic

29.01.2025

<http://idw-online.de/de/news846505>

Forschungs- / Wissenstransfer, Forschungsergebnisse
Chemie, Elektrotechnik, Energie, Physik / Astronomie, Werkstoffwissenschaften
überregional



Das geheime Leben der Katalysatoren: Neue Entdeckungen in chemischen Reaktionen

Wissenschaftler*innen der Abteilung für Interface Science des Fritz-Haber-Instituts der Max-Planck-Gesellschaft haben in Zusammenarbeit mit Wissenschaftler*innen am Helmholtz-Zentrum Berlin einen Fortschritt im Bereich der Elektrokatalyse erzielt. Ihre neueste Forschung, veröffentlicht in der renommierten Zeitschrift *Nature Materials*, beleuchtet, wie Katalysatoren während des Prozesses der Nitratreduktion in unerwarteten Formen verbleiben können. Die Studie mit dem Titel "Revealing Catalyst Restructuring and Composition During Nitrate Electroreduction through Correlated Operando Microscopy and Spectroscopy" bietet neue Einblicke, die den Weg für effizientere Katalysatordesigns ebnet könnten.

Katalysatoren verstehen: Der Schlüssel zu besseren chemischen Reaktionen

Katalysatoren sind Substanzen, die chemische Reaktionen beschleunigen, ohne dabei verbraucht zu werden. Sie sind in vielen industriellen Anwendungen von entscheidender Bedeutung, von der Kraftstoffproduktion bis zur Herstellung von Pharmazeutika. Das Verständnis, wie sich diese Katalysatoren während ihrer Arbeit verhalten, war jedoch immer eine Herausforderung. Dies liegt daran, dass Katalysatoren ihre Struktur (Größe und Form) und Zusammensetzung ändern können, wenn ein elektrisches Potenzial angelegt wird, ähnlich wie ein Chamäleon seine Farbe ändert, um sich an verschiedene Umgebungen anzupassen. Eine langjährige Annahme ist, dass der Katalysator, ähnlich wie das Chamäleon, schnell in seinen bevorzugten Zustand (aktiver Zustand) übergeht, sobald das elektrische Potenzial angelegt wird.

Ein multimodaler Ansatz zur Untersuchung von Katalysatoren

Das Forschungsteam verwendete eine einzigartige Kombination fortschrittlicher Techniken, um zu zeigen, dass diese Annahme unter bestimmten Bedingungen nicht gültig ist. Zuerst nutzten sie eine Methode namens elektrochemische Flüssigzellen-Transmissionselektronenmikroskopie (EC-TEM), um kubische Cu₂O-Vorkatalysatoren unter Bedingungen zu beobachten, bei denen sie an der Nitratreduktionsreaktion teilnahmen, die hier zur Erzeugung von grünem Ammoniak genutzt wird. Diese Technik ermöglichte es ihnen zu sehen, wie sich die Katalysatoren, insbesondere kubische Cu₂O-Vorkatalysatoren, während der Reaktion veränderten. Anschließend verwendeten sie eine Kombination aus Röntgenmikroskopie/-spektroskopie und Raman-Spektroskopie, um zu überprüfen, ob sich die Vorkatalysatoren während der Reaktion in die erwartete Cu-Metallphase umwandeln und ob eine solche Umwandlung homogen über alle Nanokatalysatorpartikel erfolgt.

Wichtige Erkenntnisse: Die Rolle der Redoxkinetik

Eine bedeutende Erkenntnis der Studie ist, dass die Cu₂O-Würfel nicht schnell in den bevorzugten metallischen Zustand übergehen und während des Betriebs lange Zeit als Mischung aus Cu-Metall, Cu-Oxid und Cu-Hydroxid verbleiben können. Die Zusammensetzung dieser Mischung und die Form der entwickelten Katalysatoren hängen stark vom angelegten elektrischen Potenzial, der umgebenden chemischen Umgebung und der Reaktionsdauer ab.

Auswirkungen auf die Ammoniakselektivität

Ein großer Anreiz für die Untersuchung der Nitratreduktion ist das Potenzial, Abfallnitrate zu recyceln, indem sie wieder in Ammoniak umgewandelt werden, einen Schlüsselbestandteil von Düngemitteln für die Nahrungsmittelproduktion. Bisher basierten unsere Strategien zur Optimierung dieses Prozesses darauf, dass Katalysatoren während der Reaktion ihre günstigsten Formen annehmen. Diese Forschung wird den Weg für neue Ansätze zur Gestaltung der Cu-basierten Vorkatalysatoren ebnen, die besser in der Lage sind, Ammoniak zu produzieren.

Fazit

Dr. See Wee Chee, Gruppenleiter in der Abteilung für Interface Science und korrespondierender Autor der Studie, betont: „Es ist unerwartet, dass wir während der Reaktion verschiedene Phasen erhalten, insbesondere wenn wir von einer einzigen Form eines Einzelement-Vorkatalysators ausgehen. Wichtiger ist, dass dieser gemischte Zustand lange aufrechterhalten werden kann, was wertvolle Einblicke bietet, wenn wir effizientere Katalysatoren entwerfen wollen.“ Diese Forschung zeigt auch, wie fortschrittliche Echtzeit-Beobachtungstechniken, die lokale chemische Unterschiede erfassen können, uns helfen können, die komplexe Natur von Katalysatoren bei der Arbeit zu verstehen.

Prof. Beatriz Roldán, Direktorin der Abteilung für Interface Science am FHI und korrespondierende Autorin, erklärte: „Industriell wird NH_3 über das Gasphasen-Haber-Bosch-Thermokatalyseverfahren synthetisiert, das bei moderaten Temperaturen (450–550 °C) aber hohem Druck (150 bar) mit einem hohen Verbrauch an fossilem H_2 stattfindet. Die Herausforderung, der wir uns hier gestellt haben, bestand darin, eine alternative Methode zur NH_3 -Synthese mit reduzierten Kohlenstoffemissionen zu finden. Dies wurde erreicht, indem ein direkter elektrokatalytischer Weg eingeschlagen wurde, der durch erneuerbare Elektrizität angetrieben wird.“

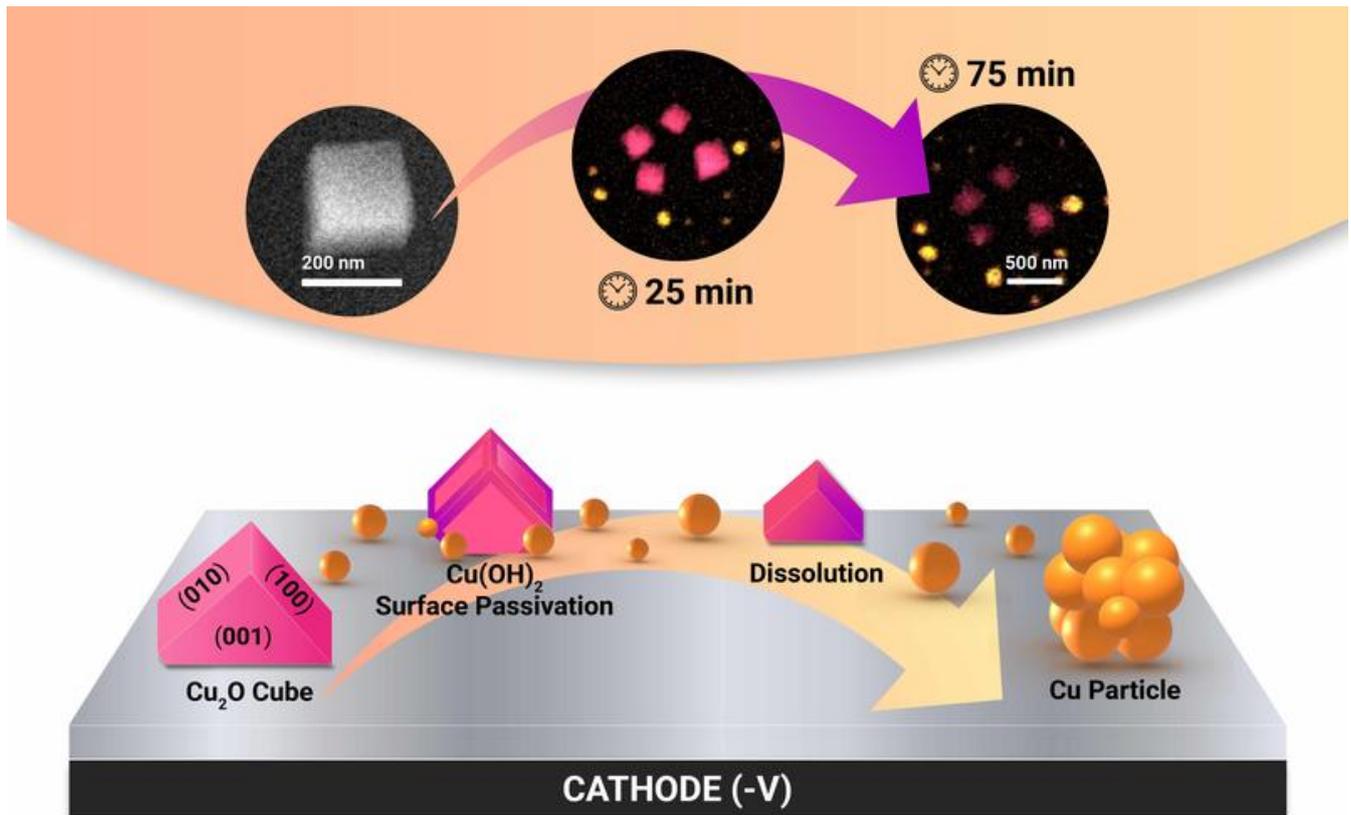
wissenschaftliche Ansprechpartner:

Dr. See Wee Chee. swchee@fhi-berlin.mpg.de
Prof. Dr. Beatriz Roldán Cuenya, roldan@fhi-berlin.mpg.de

Originalpublikation:

<https://www.nature.com/articles/s41563-024-02084-8#citeas>

URL zur Pressemitteilung: <https://www.fhi.mpg.de/1697693/2025-01-24-secret-life-of-catalysts>



Das geheime Leben der Katalysatoren
© FHI