



# Elektrokatalysatorsystem für stoffliche Energiespeicherung durch gekoppelte Wasserelektrolyse und CO<sub>2</sub>-Umwandlung

## Materialforschung für die Energiewende des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

**Die Energiewende ist eine soziale, wirtschaftliche und technische Aufgabe für Deutschland. Auf der einen Seite sollen zuverlässige und kostengünstige Speicher, Strom aus erneuerbaren Energiequellen speichern und so die Energieproduktion vom Verbrauch entkoppeln. Auf der anderen Seite gilt es, Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)-Emissionen zu reduzieren. Forscherinnen und Forscher arbeiten daher an neuen Technologien, CO<sub>2</sub> aus Abgasen als chemischen Rohstoff zu nutzen. Dabei könnte CO<sub>2</sub> und regenerative Wind- und Solarelektrizität mit Hilfe von skalierbaren elektrochemischen Prozessen und Anlagen in molekulare, speicherbare Brennstoffe oder Chemikalien umgewandelt werden. Langfristig sollen dadurch die regenerativen Energiequellen grundlastfähig gemacht werden und die Zahl der konventionellen Kraftwerke minimiert werden. An den Grundlagen für diesen Prozess arbeitet das Forschungsprojekt CO<sub>2</sub>EKAT unter Koordination der Technischen Universität Berlin.**

Eine wichtige CO<sub>2</sub>-basierte Technologie stellt die gekoppelte Wasser-CO<sub>2</sub>-Elektrolyse an katalytisch aktiven Elektroden dar. Hier soll Strom aus erneuerbaren Quellen über den Prozess der Elektrolyse in Wasserstoff oder auch Methan umgewandelt und in das regionale Ferngasnetz eingespeist werden. So könnte das Gas dann als Energiespeicher genutzt werden und am Ende in der Wärmeversorgung und Industrie, aber auch als Treibstoff für Autos oder auch wieder zur Stromproduktion in Gaskraftwerken verwendet werden.

Eine solche CO<sub>2</sub>-Wasser-Elektrolyse ist bisher aber noch nicht lohnend. Um die elektrochemischen Reaktionsprozesse wirtschaftlicher zu machen, muss der Einfluss der physikalisch-chemischen Eigenschaften der Elektroden und Katalysatormaterialien auf deren Leistungsfähigkeit untersucht werden. Auch gilt es, die Stabilität der Elektroden und Katalysatormaterialien sowie die Produktausbeute und Produktverteilung näher zu betrachten. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Forschungsprojekt CO<sub>2</sub>EKAT wollen die chemisch-materialwissenschaftlichen Grundlagen für eine Effizienzsteigerung legen, und dass bis zur technologischen Verwertbarkeit.

Die Forscherinnen und Forscher untersuchen zunächst den Zusammenhang zwischen Katalysatorstruktur und dessen Reaktivität. Ein Ziel ist, den erforderlichen Energieeintrag für die Reaktionen an Anode und Kathode zu minimieren, indem Reaktionsbeschleuniger, sogenannte Elektrokatalysatoren, eingesetzt werden. Neue nanostrukturierte Katalysatormaterialien sollen - ausgehend von Vergleichsmaterialien - in systematischer Weise entwickelt werden.

Diese Katalysatoren sollen besonders im Hinblick auf Aktivität und Stabilität verbessert werden, wobei in diesem Zusammenhang verschiedene Modifizierungsstrategien verfolgt werden.

An der Kathode findet die direkte elektrochemische Reduktion von CO<sub>2</sub> zu unterschiedlichen chemischen Produkten statt. Bisher ist die Energieeffizienz niedrig, die Produktverteilung häufig unkontrolliert und die Zahl der bekannten praktisch verwendbaren Katalysatormaterialien begrenzt. Hier ist die Steuerung der durch den Katalysator erzielten Produktzusammensetzung von besonderem Interesse. Während Metalle wie Gold oder Silber die CO<sub>2</sub>-Umsetzung eher zu Kohlenstoffmonoxid begünstigen, werden Kohlenwasserstoffe in bedeutenden Mengen nahezu ausschließlich über kupferbasierte Materialien gebildet. Bei letzterem ist je nach Anwendungszweck eine kontrollierte Produktion von Kohlenwasserstoffen von hoher technischer Bedeutung, da sie Ausgangsprodukt für weitere Energieträger sein können. Propan und Butan beispielsweise lassen sich verflüssigen und als Flüssiggas (z.B. Autogas) nutzen. Forscherinnen und Forscher untersuchen wie durch gezielte Veränderung von Struktur und Zusammensetzung der Kupfer-Katalysatoren bestimmte Kohlenwasserstoffe hervorgebracht werden können.

Zunächst charakterisieren die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die chemische Zusammensetzung der Katalysatoren. Sie legen den Fokus auf ihre Oberfläche, an der die Reaktion stattfindet, und wenden bildgebende und spektroskopische Verfahren an. Dabei ergänzen sich die Forschenden durch verschiedene moderne Analysetech-

niken, welche außerhalb (ex situ) und während (in situ) der katalytischen Reaktion zum Einsatz kommen. Somit wird einerseits feststellbar, welche Syntheseparameter bestimmend sein können. Gleichzeitig führen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch Untersuchungen zu aktiven Zentren, Zwischenprodukten oder Instabilitätsgründen durch.

Forscherinnen und Forscher testen Katalysatoren zunächst in elektrokatalytischen Halbzellen und optimieren die Zellbedingungen so, dass mehr und genau die Kohlenwasserstoffe entstehen, die gefragt sind. Dazu gehört vor allem die Anpassung des Elektrolytsystems, dessen Anionen und Kationen sowohl die Eigenschaften des Katalysators und des Stofftransports, um die katalytische Reaktion maßgeblich zu beeinflussen.



Ultrahoch-Vakuum-Apparatur für die Oberflächencharakterisierung von nanostrukturierten Katalysatoren.

In der Anwendung wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Material- und Zelleigenschaften so optimieren, dass die Energie, die für den gemeinsamen Ablauf von Anoden- und Kathodenreaktion erforderlich ist, minimiert wird. Ist dies erreicht, gilt es schließlich noch die Praxistauglichkeit der entwickelten Systeme nachzuweisen.

Regenerativ erzeugter Strom aus Wind- oder Solarquellen unterliegt stetig hohen Fluktuationen. Um den Überschussstrom unter solchen Bedingungen voll zu verwerten zu können, untersuchen die Forscherinnen und Forscher auch die Stabilität der Materialien im Langzeitexperiment unter wiederholten elektrischen Lastwechseln. Katalysatoren, die diese Tests überstehen, werden zum Schluss in realen kleinskaligen Elektrolysezellendemonstratoren eingebaut.

#### **Fördermaßnahme**

Materialforschung für die Energiewende des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms

#### **Projekttitle**

Elektrokatalysatorsystem für stoffliche Energiespeicherung durch gekoppelte Wasserelektrolyse und CO<sub>2</sub>-Umwandlung - CO<sub>2</sub>EKAT

#### **Laufzeit**

01.10.2015 – 30.09.2018

#### **Förderkennzeichen**

03SF0523

#### **Fördervolumen des Verbundes**

ca. 3,1 Millionen Euro

#### **Kontakt**

Technische Universität Berlin (TUB)  
Fachgebiet Elektrochemie und elektrochemische  
Energiespeicherung  
Institut für Chemie  
Prof. Dr. Peter Strasser  
Fak. II Sekretariat TC-3  
Straße des 17. Juni 124, 10623 Berlin  
Telefon: +49 (0)30 314 29542  
Fax: +49 (0)30 314 22261  
E-Mail: pstrasser@tu-berlin.de

#### **Projektpartner**

Technische Universität Berlin, Institut für Chemie  
Freie Universität Berlin, Institut für Experimentalphysik  
Ruhr-Universität Bochum, Institut für Experimentalphysik  
IV – Festkörperphysik

#### **Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie  
53170 Bonn

#### **Redaktion und Gestaltung**

Projekträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

#### **Bildnachweis**

Ruhr-Universität Bochum