



TWOB – Photoelektrochemische Wasserstoffproduktion für eine nachhaltige Zukunft

Forschende Nachwuchsgruppen zur klimaneutralen Energieversorgung (SINATRA)

Das Projektteam von TWOB hat es sich zum Ziel gesetzt, grünen Wasserstoff durch den Einsatz ressourceneffizienter Materialien zu erzeugen und dabei das Konzept der Photosynthese zu nutzen. Die Kombination verschiedener Halbleitermaterialien in einer photoelektrochemischen Tandemzelle erlaubt die Nutzung des vollen Spektrums des Sonnenlichts für eine CO₂-neutrale Wasserstoffproduktion. Diese neuartigen Synthesen bieten Lösungen hinsichtlich der Effizienzsteigerung und eröffnen zukunftsweisende Ansätze zur nachhaltigen Wasserstofferzeugung.

Das Projekt wird im Rahmen der Fördermaßnahme „SINATRA“ gefördert. Das BMFTR unterstützt damit Nachwuchsgruppen in den Themen „Künstliche Photosynthese“ und „Nutzung alternativer Rohstoffe zur Wasserstofferzeugung“. Ein Beitrag zur klimaneutralen Energieversorgung.

Grüner Wasserstoff aus Tandemzellen

Grüner Wasserstoff kann stromnetzunabhängig durch die Spaltung von Wasser mittels Sonnenlichts in einer photoelektrochemischen (PEC) Zelle erzeugt werden. Die funktionalen Bauteile der PEC-Zelle setzen sich im wesentlichen aus den Photoabsorbern und Elektrokatalysatoren zusammen. Da die Tandemzelle die verschiedenen Wellenlängen des sichtbaren Bereichs des Lichts unterschiedlich stark absorbiert, soll dieser Effekt zur Steigerung der Licht-zu-Wasserstoff-Umwandlungseffizienz genutzt werden. Das Vorhaben TWOB hat das Ziel, über neuartige Synthesekonzepte nanostrukturierte Katalysatoren und Absorber herzustellen, die auf ressourceneffizienten Materialien beruhen.

Der Forschungsschwerpunkt liegt insbesondere auf der Verbesserung der Lichtabsorption und Ladungstrennung, sowie der Kopplung mit den Katalysatoren. Durch die synthetische Optimierung der Materialien soll den Anforderungen nach Effizienzsteigerung und Langlebigkeit nachgekommen und der Technologisierungsgrad von Tandemzellen vorangetrieben werden.

Umwandlung von Sonnenenergie in Wasserstoff Der wesentliche Vorteil von PEC-Tandemzellen gegenüber auf Elektrolyseuren oder Photovoltaik-basierter Wasserstoffproduktionstechnologien ist die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in H₂, wodurch kein zusätzlicher externer Strom benötigt wird und eine



Feinjustierung an einer Ultrahochvakuumanlage.

Kostenersparnis aufgrund der geringeren Komplexität in der Kombination der Bauteile vorliegt.

Im ersten Arbeitspaket werden nanoporöse Elektrokatalysatoren über das kostengünstige Verfahren der Tauchbeschichtung und unter Verwendung von speziellen Polymeren hergestellt. Auf Basis von Dichtefunktionalberechnungen werden dann die thermodynamische Stabilität von komplexen Materialien prognostiziert und bisher unbekannte multimetallische Oxide im Labor synthetisiert. In einem weiteren Arbeitspaket sollen über einen multi-konzeptionellen Ansatz durch Nanostrukturierung kurze Ladungstransferwege geschaffen, mittels Dotierung die elektrische Leitfähigkeit verbessert, durch Ausbildung von Heterokontakten eine effiziente räumliche Trennung von Ladungsträgern ermöglicht und mit Hilfe der Atomlagenabscheidung ein Schutz vor direktem Kontakt mit Wasser geschaffen werden.

Die Photospannungen der Photoelektroden soll in Zusammenarbeit mit der University of California, Davis (USA) mittels Photospannungsspektroskopie ermittelt werden. Ziel ist es, eine Aussage zu den optimalen Materialeigenschaften zu treffen und die Bauteile im Labor als Tandemzelle zu testen.

Komponenten für Effizienzerhöhung

Innerhalb der sechsjährigen Förderperiode werden drei Doktorandinnen und Doktoranden, ein Postdoc und eine Technikerin auf dem Forschungsgebiet der Künstlichen Photosynthese arbeiten. Die Promovierenden befassen sich mit der Herstellung und Charakterisierung der Elektrokatalysatoren, der Photokathoden und Photoanoden. Der Postdoc wird die theoretischen Berechnungen zur Stabilität der zu synthetisierenden Verbindungen durchführen und mit den Promovierenden zusammenarbeiten.

Ein Schwerpunkt des Projektes ist das Erstellen von Struktureigenschaftsbeziehungen, die den Grundstein für Eigenschaftsoptimierungen legen. Dabei ist das Ziel, hocheffiziente Elektrokatalysatoren mit Rekordüberspannungen von weniger als 200 mV (bei 10 mA/cm²) zu erzeugen. In die geplanten Experimente werden mehrere Arbeitsgruppen aus der TU Darmstadt, der Justus-Liebig-Universität Gießen und TU Berlin und ein internationaler US-Kooperationspartner involviert sein. Die gewonnenen Ergebnisse sollen in Fachzeitschriften und auf Konferenzen veröffentlicht werden und somit auch für andere Arbeitsgruppen weltweit von Nutzen sein.



Elektrochemische Analyse von Elektrokatalysatoren.

Fördermaßnahme

Nachwuchsgruppen für „Künstliche Photosynthese“ und „Nutzung alternativer Rohstoffe zur Wasserstofferzeugung“ (SINATRA)

Projekttitle

TWOB – Tandemzellbasierte photoelektrochemische Wasserstoffproduktion mit neuartigen Hochentropie-Elektrokatalysatoren und Oxynitrid-Photoabsorbern

Laufzeit

01.03.2024–28.02.2030

Förderkennzeichen

033RC036

Fördervolumen des Verbundes

2.142.800 Euro

Kontakt

Marcus Einert
Technische Universität Darmstadt
Otto-Berndt-Str. 3
64287 Darmstadt
Telefon: 06151 1620770
E-Mail: meinert@surface.tu-darmstadt.de

Internet

fona.de

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR)
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung
53170 Bonn

Stand

September 2025

Gestaltung

Projekträgerschaft Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung; Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

Bildnachweise

TU Darmstadt