

EUPHORIA

Energieeffiziente und Photochemische CO₂-Reaktivierung für Integrierte Anwendungen

| | | | |
|---------------------------------|--|------------------------|------------|
| Programm / Ausschreibung | Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschungsprogramm 2025 (KLIEN AV 24) | Status | laufend |
| Projektstart | 01.06.2026 | Projektende | 31.05.2029 |
| Zeitraum | 2026 - 2029 | Projektlaufzeit | 36 Monate |
| Projektförderung | € 1.073.148 | | |
| Keywords | hydrogen, photoelectrochemical cell, glycerol, CO ₂ utilization | | |

Projektbeschreibung

Die photoelektrochemische CO₂-Reduktion (PEC CO₂R) bietet ein vielversprechendes Konzept zur direkten Speicherung von Solarenergie und einen attraktiven Weg der Kohlenstoffnutzung. Dabei wird Solarenergie in Form molekularer Energieträger wie Wasserstoff, Kohlenmonoxid (CO) oder anderen chemischen Verbindungen gespeichert. Ein zentraler Vorteil der PEC CO₂R ist der geringere externe Energiebedarf, da durch die Photospannung der photoaktiven Elektrode ein Teil der benötigten Energie selbst bereitgestellt wird. Durch die Kombination von Lichtabsorption und Katalyse in einem einzigen System werden Komponentenanzahl und Betriebskosten reduziert. Das System kann netzunabhängig betrieben werden und ist daher auch für abgelegene Regionen mit eingeschränkter Energieinfrastruktur geeignet.

Trotz ihres hohen Potenzials ist die Leistungsfähigkeit der PEC CO₂R derzeit limitiert durch (i) geringe Produktionsraten bei der Bildung von Kohlenstoffreduktionsprodukten und (ii) einen hohen Energieverbrauch infolge der energieintensiven Sauerstoffentwicklungsreaktion (OER) an der Anode.

Das EUPHORIA-Konsortium, bestehend aus führenden österreichischen Forschungsinstituten, Universitäten und Industriepartnern, verfolgt vier Hauptziele, um die PEC CO₂R-Technologie zur industriellen Skalierbarkeit weiterzuentwickeln: (i) Implementierung eines hochabsorbierenden CuInGaSe₂-(CIGS)-Photokathodenmaterials mit einstellbarer Bandlücke bis 1,7 eV, (ii) Entwicklung einer Heteroübergangs-Photokathode mit schwermetallfreien, nicht-toxischen Materialien wie Zn(O,S) zur Leistungssteigerung, (iii) Synthese neuartiger, silberbasierter organisch-anorganischer Hybridkatalysatoren mit hoher Selektivität für Kohlenstoffreduktionsprodukte, und (iv) Etablierung der anodischen Glycerinoxidation als energieeffiziente Alternative zur OER an nickelbasierten Anoden.

Am Projektende werden eine Synthesegas-Produktionsrate von 25 L m⁻² h⁻¹ und eine Glycerinkonversionsrate (Dihydroxyacetonproduktion) von 35 g m⁻² h⁻¹ bei einer Betriebsdauer von 200 h angestrebt.

Zur beschleunigten Materialoptimierung wird EUPHORIA einen kombinatorischen Materialabscheidungsansatz einsetzen, der

die gleichzeitige Synthese von Proben mit variierender Zusammensetzung auf einem Substrat ermöglicht. Dieser Ansatz umfasst: (1) die Herstellung von CIGS-Schichten mit abgestuftem Bandabstand zur Ermittlung der optimalen Bandlücke, (2) die Synthese von Zn(O,S)-Pufferschichten mit variierendem Schwefelgehalt zur Optimierung der Photokathoden-Heteroübergänge, und (3) die elektrochemische kombinatorische Abscheidung nickelbasierter Katalysatorschichten mit unterschiedlichen Eisengehalten.

Der Beitrag von EUPHORIA zur CO₂-Nutzungsgemeinschaft liegt in der Entwicklung eines energieeffizienten, direkten Solar-zu-Brennstoff-PEC-CO₂R-Systems mit vereinfachter Reaktorarchitektur, geringem Energiebedarf und der Möglichkeit, mehrere Produkte in einem Reaktor zu erzeugen.

EUPHORIA wird damit zur Dekarbonisierung industrieller Prozesse beitragen, die österreichische Innovationskraft im Bereich CO₂-Nutzung stärken und neue Wertschöpfungsketten für nachhaltige chemische Produkte schaffen.

Abstract

Photoelectrochemical CO₂ reduction (PEC CO₂R) can provide a basis for solar energy storage as an attractive pathway for carbon utilization. Through PEC CO₂R, solar energy is stored in the form of molecular energy, such as hydrogen and carbon monoxide (CO), and other chemicals. A key advantage of the PEC CO₂R is its lower external electrical consumption due to the generation of its own photovoltage. The PEC CO₂R combines light harvesting and catalyst in one device, allowing PEC CO₂R with reduced components and operational costs, and simplified energy infrastructure as it can operate off-grid or in remote areas where electrical infrastructure is limited.

Despite its high potential, PEC CO₂R performance is currently limited by (i) low carbon reduction products rate and (ii) high energy consumption CO₂ reduction due to the energy-intensive anodic oxygen evolution reaction (OER).

EUPHORIA consortium of leading Austrian research institute, university and industrials will pursue four major tasks to advancing PEC CO₂R technology which is adaptable for industrial scale; (i) implementing a highly absorptive CuInGaSe₂ (CIGS) as a photocathode with tunable bandgap up to 1.7 eV, (ii) fabricating a heterojunction photocathode for enhancing PEC CO₂R production using non-heavy metal-containing and non-toxic Zn(O,S) as buffer for CIGS solar cell, (iii) developing a novel syngas catalysts for high carbon reduction product selectivity based on novel Ag-based organic-inorganic hybrid catalysts, and (iv) promoting an anodic glycerol oxidation reaction as an alternative to the oxygen evolution reaction at the Ni-based anode. It is expected that by the end of the project to achieve syngas production rate of 25 L/m².h and a glycerol conversion rate of (production rate of dihydroxyacetone) up to 35 g/m².h with a 200 hour lifetime.

EUPHORIA will introduce the combinatorial material deposition approach that accelerates the optimization of material properties by enabling the simultaneous synthesis of compositionally diverse sample compositions on a single substrate. This approach will be implemented on the preparation of CIGS with graded bandgap for finding an optimum bandgap value for CO₂ reduction, the synthesis of buffer Zn(O,S) with various sulphur content for optimizing photocathode heterojunction, and the synthesis of Ni-based catalyst layer with various Fe contents in a single combinatorial electrochemical deposition process.

The main contribution of EUPHORIA to the carbon utilization community lies in its envisaged characteristics of energy-efficient direct solar-to-fuel PEC CO₂R, which offer simplicity to the reactor balance-of-plant, low CO₂ reduction energy

consumption to the market, and multiproducts from a single PEC reactor. EUPHORIA will promote the decarbonization of industrial processes, strengthen Austria's innovative capacity in the field of CO₂ utilization, and create new value chains for sustainable chemical products.

Projektkoordinator

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Projektpartner

- Technische Universität Wien
- EDC-Anlagentechnik GmbH
- Sunplugged - Solare Energiesysteme GmbH