Plas-Ion-PhotoKat

Künstliche Photosynthese, katalysiert durch Plasmonik und ionische Flüssigkeiten

Programm / Ausschreibung	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschung 7. Ausschreibung	**Status**	laufend
Projektstart	01.11.2021	**Projektende**	29.04.2025
Zeitraum	2021 - 2025	**Projektlaufzeit**	42 Monate
Keywords	Künstliche Photosynthese; Photokatalyse; Plasmonik; Ionische Flüssigkeit		

Projektbeschreibung

Aus Sonnenlicht, Wasser und Kohlendioxid können in einem photokatalytischen Prozess Methan und andere Alkangase sowie Alkohole erzeugt werden. Diese CO2 neutrale photosynthetische Reaktion ist zwar grundsätzlich möglich, ihre technische Umsetzung wird aber derzeit behindert durch das Fehlen geeigneter, großtechnisch einsetzbarer und wirtschaftlicher Katalysatoren. Im Projekt „Plas-Ion-PhotoKat“ haben sich drei Partner zusammengefunden, die jeweils für ihr Fachgebiet weltweit führend sind in der Forschung und Entwicklung von organischen Solaranlagen (LIOS, JKU Linz), ionischen Flüssigkeiten (Proionic GmbH) und plasmonischen Nanostrukturen (IAP, JKU Linz). Gemeinsam werden sie plasmonisch/ionische Co-Katalysatoren erforschen, mit denen Solar-Methan erzeugt werden kann. Dieses kann nicht nur als CO2 neutraler Brennstoff verwendet werden, sondern auch (vielleicht sogar noch wichtiger) als CO2 neutraler Rohstoff für die chemische Industrie dienen oder zur Sequestrierung von CO2 eingesetzt werden („negative CO2 Bilanz“).

Abstract

Sunlight, water, and carbon dioxide can be turned into methane, other alkanes or alcohols using photocatalysis. Such a CO2 neutral photosynthetic reaction has principally been shown, however the technical realization is hampered by absence of catalysts which are suitable, economic, and implementable on large technological scale. Three partners have teamed up in “Plas-Ion-PhotoKat”, who are world wide leaders in their respective disciplines: Research and development of organic solar systems (LIOS, JKU Linz), ionic liquids (proionic GmbH) and plasmonic nanostructures (IAP, JKU Linz). Together, they will investigate plasmonic/ionic co-catalysis of solar methane. This can not only be used as CO2 neutral fuel, but also (or may be even more important) as CO2 neutral feedstock for chemical industry or for carbon capture and storage (“negative CO2 balance”).

Endberichtkurzfassung

Aus Sonnenlicht, Wasser und Kohlendioxid können in einem photokatalytischen Prozess Methan und andere Alkangase sowie Alkohole und Carbonsäuren erzeugt werden. Diese CO 2 neutrale photosynthetische Reaktion ist zwar grundsätzlich möglich, ihre technische Umsetzung wird aber derzeit behindert durch das Fehlen geeigneter, großtechnisch einsetzbarer und wirtschaftlicher Katalysatoren. Im Projekt „Plas-Ion-PhotoKat“ haben sich drei Partner diesem Problem angenommen, die

jeweils für ihr Fachgebiet weltweit führend sind in der Forschung und Entwicklung von organischen Solaranlagen (LIOS, JKU Linz), ionischen Flüssigkeiten (Proionic GmbH) und plasmonischen Nanostrukturen (IAP, JKU Linz).

Während der Laufzeit des Projektes konnten wichtige Ergebnisse erzielt werden:

Proionic konnte eine Reihe neuer ionischer Flüssigkeiten (IF) synthetisieren, um die bis dahin verwendeten, auf Tetrafluoroborat als Anion basierenden IF zu ersetzen und damit das Problem der Bildung von Flusssäure zu vermeiden. Durch systematische Optimierungen konnte auch das Problem von Verfärbungen der IF während elektrochemischer Prozesse in den Griff bekommen werden.
Der Säuregehalt der IF stellte sich als eine besonders sensible Größe für den Einsatz der ionischen Flüssigkeiten in der CO_2-Reduktion heraus und konnte optimiert werden.
Es konnte eine umfangreiche Übersicht über den Einfluss verschiedener ionischer Flüssigkeiten auf die CO_2-Reduktion an Goldelektroden gewonnen werden. Es stellte sich ein großer Einfluss des Anions der IF auf deren Eignung für die CO_2-Reduktion heraus. Zudem konnten die Auswirkungen weiterer Parameter wie pH-Wert, Säuregehalt und der Zusatz verschiedener anorganischer Salze zu Lösungen der ionischen Flüssigkeiten identifiziert werden.
Plasmonische Nanostrukturen absorbieren Licht besonders effizient. Bisher galt in der Literatur die Devise, dass diese Nanostrukturen umso effizientere Katalysatoren darstellen, je kleiner ihre Strukturgrößen sind. Während des Projekts konnte jedoch gezeigt werden, dass es bei plasmonischen Nanopartikeln einen optimalen Durchmesser von 4 nm gibt. Darunter sinkt die Effizienz wieder. Der Grund für dieses Verhalten liegt an einer Coulombabstoßung von Ladungsträgern, was bisher in der Literatur nicht berücksichtigt worden ist.
Im Labormaßstab wird in der Regel Gold als plasmonisches Material verwendet. Großtechnisch ist dieses wenig geeignet. Zahlreiche Versuche mit dem deutlich kostengünstigeren Kupfer führten zu guten, in vielen Fällen sogar besseren Ergebnissen als mit Gold. Durch eine Reihe von katalytischen Adatomen konnte die Selektivität der Produkte hin zu molekularem Wasserstoff, CO, Methan oder Alkoholen gesteuert werden.

Zusammenfassend hat das Projekt Plas-Ion-PhotoKat zahlreiche wichtige Details zum Verständnis einer plasmonischen Photokatalyse mit Hilfe ionischer Flüssigkeiten geliefert. Ob diese sich langfristig gegen die etablierte Photovoltaik mit nachgeschalteter Elektrolyse bzw. elektrochemischer CO_2-Reduktion behaupten kann, müssen weitere Entwicklungen zeigen.

Projektkoordinator

- Universität Linz

Projektpartner

- proionic GmbH