

Scale-Cat

Skalierbare und nachhaltige Katalysatoren als effiziente Schlüsseltechnologie zur Produktion von grünem Methanol

Programm / Ausschreibung	DST 24/26, Schlüsseltechnologien, Schlüsseltechnologien im produktionsnahen Umfeld, 2024: Robotik, Advanced Materials, Photonik und Smarte Textilien	Status	laufend
Projektstart	01.06.2025	Projektende	31.05.2028
Zeitraum	2025 - 2028	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Kohlenstoffträger; Nanopartikel; Katalysatorentwicklung; grünes Methanol; Sustainability; Skalierbarkeit		

Projektbeschreibung

Im Projekt wird zum ersten Mal die Verwendung von hochreinen, lasergenerierten katalytischen Materialien in Kombination mit biobasierten, meso- und makroporösen Carbon-Formkörpern als Trägermaterial untersucht, um einen innovativen Katalysator für die effiziente Synthese von Methanol durch CO₂-Hydrierung zu entwickeln.

Reduktion von CO₂-Emissionen ist ein zentraler Bestandteil in der Bekämpfung des Klimawandels. Ein Weg ist die Bindung von CO₂ in nachhaltigen Produkten, z.B. durch katalytische Synthese von Methanol, welches als Basischemikalie ein wichtiger Ausgangsstoff vieler chemischer Produkte ist. Dazu werden spezielle Katalysatoren benötigt, die möglichst hohe Umsetzungsraten und lange Lebensdauer aufweisen. Kommerzielle Katalysatoren können diese Anforderungen nur bedingt erfüllen, da die katalytisch aktiven Nanopartikel unter Reaktionsbedingungen mit der Zeit agglomerieren. Die Herstellung dieser kommerziellen Katalysatoren (Trägermaterialien Al₂O₃, ZrO₂) ist ressourcen- und energieintensiv und es werden noch keine Nachhaltigkeitsaspekte berücksichtigt.

Im vorliegenden Projekt sollen mittels Laserablation Nano-Material-Kolloide in Wasser hergestellt werden, wodurch auf fossil-basierte, toxische Chemikalien größtenteils verzichtet werden kann. Metallische Rohstoffe aus Recycling-Prozessen werden eingesetzt, wobei der Fokus auf Cu, Ni, Zn und Zr und deren Kombinationen liegt. Auf Edelmetalle und kritische Elemente wird verzichtet. Als Träger werden poröse bio-basierte Carbon-Formkörper mit optimierter Porenstruktur und Oberfläche entwickelt (durch Nachbehandlung), die anschließend mit den Nanopartikeln beladen bzw. imprägniert werden. Durch die Abstimmung von Porenstruktur und Partikelgröße wird eine anschließende Agglomeration der Nanopartikel bzw. Austragung verhindert/stark reduziert und somit die Leistung + Lebensdauer des Katalysators deutlich erhöht.

Durch die Umsetzung von CO₂ zu Methanol kann das klimawirksame Treibhausgas verwertet werden (CCU Carbon Capture and Utilization) und somit können die Ziele der Sustainable Development Goals (SDG), speziell Klimawandel bekämpfen (SGD13) und nachhaltige Konsum- und Produktionsweisen (SGD12) vorangetrieben werden.

Durch die gezielte Immobilisierung und feine Verteilung der Nanopartikel auf dem biobasierten porösen Kohlenstoffträgermaterial wird bei Herstellung der neuen Katalysatoren der Anteil an benötigten Metallen (z.B. Cu) reduziert. Durch die Formbarkeit des Trägermaterials wird die Möglichkeit eines flexiblen Reaktordesigns geschaffen, wodurch einzelne Prozessparameter weiter optimiert werden können (z.B. eine effiziente Reaktorheizung).

Die neuen Katalysatormaterialien können am Ende ihres Lebenszyklus im Sinne der Kreislaufwirtschaft einfach aufgearbeitet (thermische Zersetzung) und somit die Metalle zurückgewonnen werden. So wird ein geschlossener Rohstoffkreislauf mit hoher Nachhaltigkeit realisiert.

Die Ökobilanzierung folgt der Lebenszyklusbewertung nach ISO 14044 und umfasst die Analyse des zu untersuchenden Produktionssystems (Synthese der Nanomaterialien, Herstellung der Trägermaterialien, etc.), der Bilanzierung von potenziellen positiven und negativen Umweltauswirkungen (CO₂-Emissionen, etc.).

Die Aspekte effiziente Ressourcen- und Rohstoffnutzung sowie effiziente Produktionstechnologien spielen für die Gesellschaft eine immer wichtigere Rolle. Mit diesem Projekt wird ein zukunftsweisender Schritt für nachhaltige Produktionstechnologien gemacht.

Abstract

This project will investigate for the first time the use of high-purity, laser-generated catalytic materials in combination with bio-based, meso- and macroporous carbon bodies as support materials to develop an innovative catalyst for the efficient synthesis of methanol by the hydrogenation of CO₂.

Reducing CO₂ emissions is a key part of combating climate change. One way is to bind CO₂ in sustainable products, e.g. by catalytic synthesis of methanol. As a base chemical, methanol is an important starting point for many chemical products. Special catalysts are needed for this purpose, which should have high conversion rates and a long lifetime. Commercial catalysts can only meet these requirements to a limited extent, since the catalytically active nanoparticles agglomerate or are discharged over time under reaction conditions. The production of these commercial catalysts (support materials Al₂O₃, ZrO₂) is resource and energy intensive and no sustainability aspects are considered.

In the present project, nano-material colloids will be produced in water by means of laser ablation, which will largely eliminate the need for fossil-based, toxic chemicals. Metallic raw materials from recycling processes are to be used, with the focus on Cu, Ni, Zn and Zr and their combinations. Precious metals and critical elements are to be avoided. Porous bio-based carbon bodies with optimized pore structure and surface will be developed as carrier material, which will then be loaded or impregnated with the nanoparticles. By adjusting the pore structure to the particle size, subsequent agglomeration of the nanoparticles and their discharge can be prevented/strongly reduced, thus significantly increasing the performance and lifetime of the catalyst.

By converting CO₂ to methanol, the climate-impacting greenhouse gas can be utilized (CCU Carbon Capture and Utilization) and thus the Sustainable Development Goals (SDGs), especially combating climate change (SGD13) and sustainable consumption and production methods (SGD12) can be advanced.

The targeted immobilization and fine distribution of the nanoparticles on the bio-based porous carbon support material reduces the proportion of metals required (e.g. Cu) in the production of the new catalysts. The formability of the support material creates the possibility of a flexible reactor design, allowing individual process parameters to be further optimized (e.g. efficient reactor heating).

At the end of their life cycle, the new catalyst materials can be easily reprocessed in terms of circular economy (thermal decomposition) and thus the metals can be recovered. In this way, a closed raw material cycle with high sustainability is realized.

The life cycle assessment is conducted according to ISO 14044 and includes the analysis of the production system to be examined (synthesis of nanomaterials, production of carrier materials, etc.), it includes the assessment of potential positive and negative environmental impacts (CO₂ emissions, etc.).

The aspects of efficient use of resources and raw materials as well as efficient production technologies are playing an

increasingly important role for society. This project is intended to take a forward-looking step for sustainable production technologies.

Projektkoordinator

- Montanuniversität Leoben Lehrstuhl für Physikalische Chemie

Projektpartner

- Kompetenzzentrum Holz GmbH
- RHP-Technology GmbH