

Sisyphus

Carbon monoxide from CO₂ and green hydrogen - flexible pathways to sustainable chemicals via the Sisyphus process

Programm / Ausschreibung	Expedition Zukunft, Expedition Zukunft 2023, Expedition Zukunft Start 2023	Status	laufend
Projektstart	01.07.2026	Projektende	28.02.2027
Zeitraum	2026 - 2027	Projektlaufzeit	8 Monate
Keywords	CO ₂ ;CCUS;Renewable CO;Hydrogen;Green Chemicals		

Projektbeschreibung

Kohlenstoffmonoxid (CO) ist ein wichtiger Baustein für die chemische Industrie, wo es als Kohlenstoffquelle für verschiedene Produkte dient. Außerdem ist es ein möglicher Ausgangspunkt für die Herstellung künstlicher Treibstoffe (e-Fuels, etwa für die Luftfahrt) über die Fischer-Tropsch-Synthese. Der Großteil des heute eingesetzten CO stammt aus fossilen Quellen, hauptsächlich Erdgas oder Kohle. Viele der so erzeugten Produkte lassen sich nur schwer durch Alternativen ersetzen. Um hier die Nachhaltigkeit zu erhöhen, bietet sich der Ansatz an, auf erneuerbares CO umzusteigen, das etwa durch die Umwandlung von nicht-fossilem Kohlenstoffdioxid (CO₂) in CO erzeugt werden kann.

Die Schwierigkeit besteht darin, dass solche Prozesse sehr energieintensiv und damit teuer sind. Für neuartige Konzepte ist eine hohe Energieeffizienz daher essentiell, um am Markt konkurrenzfähig zu sein. Wir haben einen effizienten Prozess entwickelt, der CO₂ mit grünem Wasserstoff in erneuerbares CO umwandeln kann. Er basiert auf der reversen Wassergas-Shift-Reaktion (RWGS, $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$) und wird im Vergleich zu herkömmlichen RWGS-Ansätzen bei deutlich niedrigeren Temperaturen betrieben (500 °C statt >900 °C), wodurch Wärmeverluste minimiert werden und auch der Einsatz von teuren, hochtemperaturtauglichen Materialien entfällt. Diese Innovation wird durch ein neuartiges, hochselektives Katalysatormaterial für die RWGS-Umwandlung ermöglicht, in Verbindung mit einem optimierten Recycle-Prozess, der relativ reines CO (>98 %) erzeugt.

Ziel des Expedition Zukunft START Projekts ist es, für diesen Prozess konkrete Anwendungsfälle in der Industrie zu entwickeln und von allen Seiten zu beleuchten. Einerseits betrifft das technische Aspekte der Integration mit Upstream-Prozessen (Erzeugung von grüner Energie und Wasserstoff; Bereitstellung von nicht-fossilem CO₂, etwa aus Biomasse) und Downstream-Nutzern (chemische Industrie, e-Fuel-Anlagen). Andererseits verändert die Umstellung auf eine nachhaltige CO-Produktion und alternative Ressourcen mit völlig anderer Verfügbarkeit die bestehenden Lieferketten in der Industrie grundlegend.

Wir möchten die momentane Situation und mögliche zukünftige Szenarien umfassend verstehen und die Leistungsfähigkeit unseres Prozesses sowie die Auswirkungen soweit möglich quantifizieren. Das umfasst insbesondere die Energieeffizienz und Kosten des integrierten Prozesses (mit Hilfe von Simulationsmodellen) sowie die erzielbaren Einsparungen an CO₂-Emissionen (durch Life Cycle Assessment). Die Resultate des Projekts beinhalten eine digitale Anwendung, um den Nutzen unserer Technologie zu demonstrieren (Communication Prototype), sowie ein detailliertes Impactmodell, das die

Auswirkungen auf Lieferketten und Umwelt aufzeigt. Weitere relevante Aspekte umfassen die Konkurrenzlandschaft mit Fokus auf andere Technologien zur Herstellung von erneuerbarem CO sowie regulatorische Rahmenbedingungen. Ein wichtiges Ziel ist auch die Akquise von Pilotkunden und das Finden von Partnern für Folgeprojekte, in denen der Prozess in größerem Maßstab demonstriert werden soll. Am Ende des Projekts stehen eine konkrete Strategie und klare nächste Schritte, um die Technologie im Zuge des geplanten Spin-offs Sisyphus an den Markt zu bringen und damit die notwendige Transformation in der chemischen Industrie hin zu einer nachhaltigeren Produktion anzustoßen.

Abstract

Carbon monoxide (CO) is an important building block for the chemical industry, where it serves as a carbon source for various products. It is also a potential starting point for the production of synthetic fuels (e-fuels, for example for aviation) via the Fischer-Tropsch synthesis. The majority of CO used today is produced from fossil sources, mainly natural gas or coal. Many of the resulting products are difficult to replace with alternatives. To increase sustainability, one approach is to switch to renewable CO, which can be produced, for example, by converting non-fossil carbon dioxide (CO₂) into CO.

The challenge is that such processes are very energy-intensive and therefore expensive. For new concepts, high energy efficiency is therefore essential to be competitive in the market. We have developed an efficient process that can convert CO₂ and green hydrogen into renewable CO. It is based on the reverse water-gas shift reaction (RWGS, $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$), but is operated at significantly lower temperatures than conventional RWGS approaches (500 °C instead of >900 °C), thereby minimising heat losses and avoiding the use of expensive high-temperature materials. This innovation is enabled by a novel, highly selective catalyst for the RWGS reaction, combined with an optimised recycle process that produces relatively pure CO (>98%).

The aim of the Expedition Zukunft START project is to develop concrete industrial use cases for this process and to analyse them from different perspectives. On the one hand, this includes technical aspects of integration with upstream processes (generation of green energy and hydrogen; provision of non-fossil CO₂, for example from biomass) and downstream users (chemical industry, e-fuel plants). On the other hand, the shift to sustainable CO production and alternative resources with very different availability will fundamentally change existing industrial supply chains.

We aim to understand the current situation and possible future scenarios in a comprehensive way and to quantify the performance of our process and its impacts as far as possible. This includes in particular the energy efficiency and costs of the integrated process (using simulation models), as well as the achievable CO₂ emission reductions (through life cycle assessment). The project results include a digital application to demonstrate the benefits of our technology (communication pretotype), as well as a detailed impact model showing effects on supply chains and the environment. Further relevant aspects include the competitive landscape, with a focus on other technologies for renewable CO production, as well as regulatory frameworks.

An important goal is also the acquisition of pilot customers and the identification of partners for follow-up projects in which the process will be demonstrated at larger scale. At the end of the project, there will be a concrete strategy and clear next steps to bring the technology to market as part of the planned spin-off Sisyphus, thereby contributing to the necessary transformation of the chemical industry toward more sustainable production.

Projektpartner

- Montanuniversität Leoben