

# Sisyphus

Sustainable SYngas Production by Highly-efficient CO2 UtiliSation

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Spin-off Fellowship, Spin-off Fellowship, 2. AS Spin Off Fellowship 2022-2027	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.02.2024	<b>Projektende</b>	31.12.2025
<b>Zeitraum</b>	2024 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	23 Monate
<b>Keywords</b>	CO2 utilisation, sustainable aviation fuel, RWGS, Power-to-Liquids		

## Projektbeschreibung

Sisyphus ermöglicht die kostengünstige Verwirklichung eines geschlossenen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) Kreislaufs. Durch Kombination unserer speziellen Katalysatortechnologie mit bestehenden Elementen der chemischen Prozesstechnik erreichen wir eine effiziente CO<sub>2</sub>-Nutzbarmachung.

Wir stehen vor der steigenden Nachfrage nach grünen Kraftstoffen und Chemikalien, angesichts des durch Treibhausgase erzeugten Klimawandels. In diesem Zusammenhang gibt es legislative Bestrebungen zur CO<sub>2</sub> Reduktion (EU Green Deal, US 'Inflation Reduction Act'). Alle Bereiche der Weltwirtschaft - insbesondere Luft- und Schifffahrt, Industrie und Mobilität - versuchen ihren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu reduzieren. Dabei kommen Technologien zum Einsatz, die den Ausstieg aus fossilen Rohstoffen erlauben, aber trotzdem für Gesellschaft und Wirtschaft wichtige Güter zur Verfügung stellen: sie ermöglichen eine nachhaltige und CO<sub>2</sub>-neutrale Entwicklung.

Die Forschungsgruppe unter Prof. Christoph Rameshan am Lehrstuhl für Physikalische Chemie an der Montanuniversität Leoben beschäftigt sich bereits seit einigen Jahren mit Reaktionen im Bereich CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Verwendung, insbesondere der reversen Wassergas-Shift-Reaktion (RWGS). Hierbei wird CO<sub>2</sub> in Kohlenmonoxid umgewandelt, als Bestandteil von sogenanntem Synthesegas ein Baustein der chemischen Industrie für viele wichtige Produkte (z.B. Methanol oder synthetische Treibstoffe). Allerdings läuft die Reaktion nur mit Hilfe geeigneter Katalysatoren effizient ab.

Im Rahmen eines European Research Council (ERC) Starting Grants konnte ein vielversprechender perowskitbasierter Katalysator - Perowskite sind eine spezielle Klasse anorganischer Materialien - entwickelt werden. Dieser wandelt CO<sub>2</sub> bereits in einem vergleichsweise niedrigen Temperaturbereich (<math>\approx 600^{\circ}\text{C}</math> im Vergleich zu <math>\approx 900^{\circ}\text{C}</math>) effektiv um, wobei kaum Nebenprodukte gebildet werden. Aufgrund der hohen Aktivität, Selektivität und Robustheit des Materials wurde innerhalb eines ERC Proof of Concept Grants die kommerzielle Verwertbarkeit des Katalysators ausgelotet: unter industriell relevanten Bedingungen zeigten sich vielversprechende Ergebnisse.

Folglich wurde die Idee für das Spin-Off Projekt Sisyphus geboren, getragen von Tom Cotter, Lorenz Lindenthal, Hedda Drexler und Christoph Rameshan. Im Zuge einer FFG Spin-off Fellowship Förderung wird die Technologie nun in Richtung Anwendung weiterentwickelt. Hier geht es um die fortlaufende Optimierung des technischen Katalysators (Materialzusammensetzung und Formgebung), die Materialproduktion im größeren Maßstab, sowie um die Entwicklung des darauf basierenden RWGS-Prozesses selbst. Die Eigenschaften unseres Katalysators ermöglichen die Verwirklichung eines

neuartigen Prozess-Konzepts bei niedrigerer Temperatur, welches die Vorteile des Materials ausnutzt und positive Gesamtaspekte (z.B. kosten- und energiegunstig, Integration in groessere Prozessketten) mit sich bringt. Dieses Konzept wird im Detail ausgearbeitet und mittels Simulationen validiert. Unter Beruecksichtigung von Kundenfeedback bezueglich der industriellen Rahmenbedingungen wird schliesslich ein Produkt entwickelt. Diese Pilotanlage wird nach dem Ende der Foerderung unsere Technologie in groesse-maassstab demonstrieren.

Die Realisierung eines effizienten RWGS-Prozesses hat das Potential einen Paradigmenwechsel in der Industrie (z.B. Hersteller von Treibstoffen, Methanol) herbeizufuehren und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Transformation hin zu einer nachhaltigen Zukunft.

## Abstract

Sisyphus enables cost-effective circular CO<sub>2</sub> utilization. Our unique catalyst technology seamlessly combines with established process elements to achieve efficient carbon recycling at low temperatures.

Currently, we are facing a significant increase in demand for green fuels and chemicals due to the imperative to combat climate change caused by greenhouse gas emissions. In this context, there is currently significant international legislative efforts to reduce CO<sub>2</sub> emissions, such as the European Green Deal's 'Fit for 55' and the US 'Inflation Reduction Act.' All sectors of the global economy, especially aviation, shipping, industry, and transportation, are seeking solutions to reduce their CO<sub>2</sub> footprint. These solutions should utilize technologies that provide essential goods for society and the economy while transitioning away from fossil resources, enabling a sustainable and carbon-neutral development.

The research group led by Prof. Christoph Rameshan at the Chair of Physical Chemistry at Montanuniversitaet Leoben has been focusing on CO<sub>2</sub> capture and utilization (CCU) for several years, particularly the reverse water-gas shift reaction (RWGS). In this process, CO<sub>2</sub> is converted into carbon monoxide (CO), which, as a component of syngas, is a building block for many important chemical products (e.g., methanol or synthetic fuels). However, this reaction efficiently proceeds only with the help of suitable catalysts.

Under a European Research Council (ERC) Starting Grant, a promising perovskite-based catalyst - perovskites being a special class of inorganic materials - has been developed. This catalyst can effectively convert CO<sub>2</sub> at a relatively low temperature range (<math>600^{\circ}\text{C}</math> compared to <math>900^{\circ}\text{C}</math>), with only minimal byproducts. Due to the material's high activity, selectivity, and robustness, a commercial feasibility assessment was conducted under an ERC Proof of Concept Grant, showing promising results under industrially relevant conditions.

As a result, the idea for the spin-off project 'Sisyphus' was born. The team consists of Tom Cotter, Lorenz Lindenthal, Hedda Drexler, and Christoph Rameshan. Through an FFG Spin-off Fellowship funding, the technology will now be further developed towards application. This involves not only the ongoing optimization of the technical catalyst (material composition and shaping) and large-scale material production but also the development of the RWGS process itself. The properties of our catalyst enable the realization of a novel process concept at lower temperatures, which optimally harnesses the material's advantages and brings overall benefits (e.g. cost and energy efficiency, as well as easy integration into larger process chains). This concept will be detailed and validated through simulations.

Furthermore, considering customer feedback regarding industrial conditions and requirements, a product concept will be developed. The goal is to demonstrate our technology on a larger scale through a pilot plant after the end of the funding period.

The implementation of such an efficient RWGS process has the potential to bring about a paradigm shift in the energy and chemical industries, making a significant contribution to the transition towards a sustainable future.

## **Endberichtkurzfassung**

The project developed and validated a new process for producing carbon monoxide (CO) from carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and renewable hydrogen. CO is an important building block used to manufacture fuels and chemicals, including sustainable aviation fuels.

At the core of the project is a catalytic process, meaning that specially designed materials are used to enable and control the chemical conversion efficiently. The team successfully demonstrated this approach under realistic conditions, showing stable operation and confirming that the concept can be scaled beyond laboratory level.

In addition, key steps required to deliver high-purity CO suitable for industrial use were tested at proof-of-concept level. Together with process modelling and pilot-scale experiments, this provides a strong foundation for further development toward industrial demonstration.

The results indicate that the process can operate with high energy efficiency and is well suited for integration with renewable energy sources. Its modular design enables flexible deployment, including on-site production, which can reduce costs, simplify logistics, and support more resilient supply chains.

By enabling the conversion of CO<sub>2</sub> into valuable products, the project contributes to the development of renewable chemicals and fuels. In particular, it supports new, potentially lower-cost pathways to sustainable aviation fuel and other climate-friendly products.

Overall, the project establishes a solid basis for scaling up the technology and bringing it closer to real-world application, supporting the transition toward a more sustainable and circular carbon economy.

## **Projektpartner**

- Montanuniversität Leoben