

Cairos Methanation

Cairos - Revolutionizing Energy Markets: Competitive Renewable Gas through Advanced Biogas Methanation

| | | | |
|---------------------------------|---|------------------------|------------|
| Programm / Ausschreibung | Expedition Zukunft, Expedition Zukunft 2023, Expedition Zukunft Wissenschaft 2023 | Status | laufend |
| Projektstart | 01.03.2025 | Projektende | 31.08.2026 |
| Zeitraum | 2025 - 2026 | Projektlaufzeit | 18 Monate |
| Keywords | Methanisierung, Power-to-Gas, Biogas-Einspeisung, grünes Gasnetz, Rohrbündelreaktor | | |

Projektbeschreibung

Cairos hat die Vision, fossiles Erdgas durch wirtschaftlich erzeugtes, grünes Gas zu ersetzen. Das geplante Spin-off Fellowship „Cairos - Revolutionizing Energy Markets: Competitive Renewable Gas through Advanced Biogas Methanation“ strebt die Optimierung, Skalierung und Demonstration eines innovativen, kosteneffizienten Methanisierungsreaktors an, der Biogas in einspeisefähiges Bio-SNG (synthetic natural gas) umwandelt.

Der Bedarf an grünem Gas steigt rasant, das die Versorgung industrieller Hochtemperaturprozesse mit klimafreundlicher Energie und die Speicherung sowie den Transport von erneuerbarem Strom in der bestehenden Infrastruktur ermöglicht. Die EU „Fit for 55“-Ziele setzen 250 Mrd. m³ grünes Gas bis 2030 und 66 % im Gasnetz bis 2050 fest. Auch in Österreich zeichnet sich mit dem „Erneuerbares Gas-Gesetz“ (EGG) eine Marktentwicklung zugunsten von grünem Gas ab (Stand: Sept. 2024). Tausende Biogasanlagen in Europa müssen von der Biogas-Verstromung zur Gaseinspeisung wechseln. In Gesprächen mit Betreibern und Energieversorgern wurde die Dringlichkeit dieser Anpassung und das Interesse an innovativen Lösungen deutlich. Der Cairos-Reaktor ist eine Schlüsseltechnologie, um diese Herausforderungen kostengünstig zu bewältigen, sofern verbleibende technische und wirtschaftliche Risiken minimiert werden.

Am Lehrstuhl für Verfahrenstechnik der Montanuniversität Leoben, unter Prof. Markus Lehner, wird seit etwa 10 Jahren an CO₂-Verwertung und SNG-Erzeugung geforscht. Im Rahmen der Dissertation von DI Andreas Krammer entstand ein Methanisierungs-Rohrbündelreaktor, der zum Patent angemeldet wurde und deutliche Vorteile gegenüber dem Stand der Technik bietet. Aufgrund positiven Feedbacks aus der Industrie entstand die Idee zur Unternehmensgründung, die u.a. in der IECT Summer School on Entrepreneurship weiterentwickelt wurde.

Der aktuelle Stand der Methanisierung basiert auf komplexen, großvolumigen Reaktorsystemen, die teuer und für kleine bis mittlere Volumenströme ungeeignet sind. Es besteht dringender Bedarf an effizienter Methanisierungstechnologie, die sich durch Abwärmenutzung synergetisch mit Biogasanlagen koppeln lässt. Unsere patentierte Reaktorkühlung ermöglicht, dank Lochblech-Inlays, eine präzise Steuerung des Temperaturprofils entlang der Reaktorachse. Das bringt Vorteile wie vollständigen Reaktionsumsatz in einer Reaktorstufe, höhere Leistungsdichten und ein um den Faktor 3-12 kleineres Reaktorvolumen gegenüber dem Stand der Technik. Zudem erlaubt das System die Abwärmenutzung bei 300 °C und bietet eine Energieeffizienz von bis zu 97 %.

Die größte Herausforderung bleibt die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu günstigem Erdgas. Themen wie Skalierbarkeit,

Flexibilität im Betrieb und Langzeitstabilität unter marktnahen Bedingungen sind weiterhin offene Punkte. Im Rahmen des Fellowships wird die Technologie durch Labor- und Pilotversuche sowie 1D/2D-Reaktormodellierung weiterentwickelt. Ziel ist ein optimiertes Design im MW-Maßstab, das an einer Biogasanlage hinsichtlich Lastflexibilität und Katalysatoralterung getestet wird. Eine marktorientierte Prozessmodellierung dient als Basis für Engineering-Planungsunterlagen und Business Cases. Zudem wollen wir unsere Partnerschaften mit Anlagenbauunternehmen weiter ausbauen und kontinuierlich Nutzerfeedback in die Entwicklung unserer Value Proposition integrieren.

Cairos hat das Potential entscheidend zur Defossilisierung unseres Gasnetzes beizutragen.

Abstract

Cairos envisions replacing fossil natural gas with economically produced green gas. The planned spin-off fellowship "Cairos - Revolutionizing Energy Markets: Competitive Renewable Gas through Advanced Biogas Methanation" aims to optimize, scale, and demonstrate an innovative and cost-effective methanation reactor that converts biogas into grid-compatible Bio-SNG (synthetic natural gas).

The demand for green gas is surging as it provides climate-friendly energy for high-temperature industrial processes and enables the storage and transport of renewable electricity in existing infrastructure. The EU "Fit for 55" targets set a goal of 250 billion m³ of green gas by 2030 and 66% in the gas network by 2050. In Austria, the "Renewable Gas Act" (EGG) is also indicating a market shift toward green gas (as of September 2024). Thousands of biogas plants in Europe need to transition from direct biogas power generation to gas injection. Conversations with operators and energy suppliers have highlighted the urgency of this transition and interest in innovative solutions. The Cairos reactor is a key technology to address these challenges cost-effectively, provided that remaining technical and economic risks are minimized.

At the Chair of Process Engineering at Montanuniversität Leoben, led by Prof. Markus Lehner, research has been conducted for about 10 years on CO₂ utilization and SNG production. During DI Andreas Krammer's dissertation, a patented methanation bundle-tube reactor was developed, offering significant advantages over existing technology. The positive industry feedback led to the idea of founding a company, further developed at the IECT Summer School on Entrepreneurship.

Current methanization technology relies on complex, large-volume reactor systems that are expensive and unsuitable for small to medium flow rates. There is an urgent need for efficient methanization technology that can synergistically couple with biogas plants through waste heat utilization. Our patented reactor cooling system, with perforated plate inlays, allows precise control of the temperature profile along the reactor axis. This results in complete reaction conversion in one reactor stage, higher performance densities, and a reactor volume 3-12 times smaller than current standards. The system also enables waste heat utilization at 300°C and offers energy efficiency of up to 97%.

The biggest challenge remains achieving cost-effectiveness compared to inexpensive natural gas. Issues like scalability, operational flexibility, and long-term stability under market conditions are still to be resolved. The fellowship will advance the technology through laboratory and pilot-scale experiments and 1D/2D reactor modeling. The goal is to implement an optimized MW-scale design, tested at a biogas plant for load flexibility and catalyst aging. Market-oriented process modeling will form the basis for engineering design documents and business cases. Additionally, we aim to strengthen our

partnerships with plant construction companies and continuously incorporate user feedback into our value proposition development.

Cairos has the potential to significantly contribute to the decarbonization of our gas network.

Projektpartner

- Montanuniversität Leoben