

## INCUVATION

Integrated Nitrogen and Carbon Utilisation and Valorisation through Advanced electrochemical Innovation

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschungsprogramm 2025 (KLIEN AV 24)	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.07.2026	<b>Projektende</b>	30.06.2027
<b>Zeitraum</b>	2026 - 2027	<b>Projektlaufzeit</b>	12 Monate
<b>Projektförderung</b>	€ 249.448		
<b>Keywords</b>	Elektrokatalytische CO <sub>2</sub> -Reduktion, Ammoniakoxidationsreaktion, NHC-stabilisierte Goldkatalysatoren, NiFe-LDH-Anoden, Energieeffiziente CO <sub>2</sub> -/NH <sub>3</sub> -Koppelelektrolyse		

### Projektbeschreibung

Die elektrochemische Reduktion von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>RR) gilt als zentrale Technologie zur Herstellung CO<sub>2</sub>-neutraler chemischer Grundstoffe und synthetischer Energieträger. Ihr industrieller Einsatz wird jedoch bislang durch hohe Energieverluste begrenzt, die überwiegend aus der anodischen Sauerstoffentwicklungsreaktion (OER) resultieren. Diese Reaktion ist stark überspannungsbehaftet und erzeugt Sauerstoff ohne wirtschaftlichen Mehrwert. Gleichzeitig fallen in Abwasser- und Biogasströmen erhebliche Mengen Ammoniak an, deren Umwandlung in Wertprodukte bislang energieintensiv erfolgt.

INCUVATION (Integrated Nitrogen and Carbon Utilisation and Valorisation through Advanced Electrochemical Innovation) untersucht die Machbarkeit eines gekoppelten elektrochemischen Prozesses, der die CO<sub>2</sub>-Reduktion an einer N-heterocyclisch-carben-stabilisierten Goldkathode mit der Ammoniakoxidation (AOR) an einer Nickel-Eisen-Schichtdoppelhydroxid-Anode (NiFe-LDH) kombiniert. Durch den Ersatz der OER durch die AOR kann die theoretische Zellspannung von ca. 1,33 V auf etwa 0,9 V gesenkt und der Energiebedarf um bis zu 40 % reduziert werden. Gleichzeitig entstehen zwei marktfähige Produkte – CO und Nitrat – aus zwei bisher ungenutzten Abfallströmen (CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>). Das Projekt adressiert damit sowohl Energieeffizienz als auch Stoffkreisläufe und schafft die Grundlage für skalierbare, modulare Anlagen an Schnittstellen von Biogas-, Abwasser- und Chemieinfrastruktur.

Gegliedert ist das Vorhaben in vier eng verzahnte Arbeitspakete, die in iterativen Schleifen zusammenwirken: In AP2 entwickelt die Universität Wien NHC-stabilisierte Goldnanopartikel und -oberflächen und prüft deren CO<sub>2</sub>-Reduktionsleistung unter praxisnahen Bedingungen, mit Zielgrößen von mindestens 70 % FE(CO) und Stromdichten ab 100 mA cm<sup>-2</sup>. Parallel dazu generiert das AIT in AP3 mittels kombinatorischer elektrochemischer Abscheidung eine NiFe-LDH-Bibliothek, korreliert Zusammensetzung und Aktivität und identifiziert Anoden mit hoher Nitratselektivität (FE(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ≥ 50 %, Überpotenzial ≤ 0,4 V). Die in AP4 gebündelten Analysen von FEN Research – Techno-Ökonomie und Ökobilanz (TCA/LCA), Disruptions- und Marktrelevanzbewertung – übersetzen die experimentellen Daten in belastbare Go/No-Go-Kriterien und Skalierungspfade. AP1 stellt hierfür den organisatorischen Rahmen bereit, inklusive Projektsteuerung, Qualitäts- und Datenmanagement (FAIR)

sowie Monitoring von Nachhaltigkeit und Gleichstellung.

Ziel des Projekts ist es, die technischen, ökonomischen und ökologischen Grundlagen für ein energieeffizientes CO<sub>2</sub>RR//AOR-System zu schaffen. Die erwarteten Ergebnisse umfassen (1) eine Katalysatoren-Bibliothek und Datensätze zu Stabilität und Selektivität, (2) Validierung der gepaarten Zellarchitektur mit messbarer Energieeinsparung von 30–40 %, und (3) eine fundierte Entscheidungsbasis für die Skalierung und Weiterentwicklung im Rahmen eines F&E&I-Folgeprojekts.

INCUVATION trägt unmittelbar zu den Zielen der Energieforschung 2025 im Schwerpunkt „Wasserstoff, erneuerbare Gase und CCUS“ bei, indem es energieeffiziente Verfahren zur gleichzeitigen Nutzung von Kohlenstoff- und Stickstoffströmen entwickelt. Das Projekt fördert die Dekarbonisierung industrieller Prozesse, stärkt Österreichs Innovationsfähigkeit im Bereich CO<sub>2</sub>-Nutzung und schafft neue Wertschöpfungspfade für nachhaltige chemische Produkte.

## Abstract

The electrochemical reduction of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>RR) is considered a key technology for the production of CO<sub>2</sub>-neutral chemical feedstocks and synthetic energy carriers. However, its industrial use has so far been limited by high energy losses, which result mainly from the anodic oxygen evolution reaction (OER). This reaction is highly overvoltage-prone and produces oxygen without any economic added value. At the same time, wastewater and biogas streams contain significant amounts of ammonia, the conversion of which into valuable products has been energy-intensive to date.

INCUVATION (Integrated Nitrogen and Carbon Utilisation and Valorisation through Advanced Electrochemical Innovation) is investigating the feasibility of a coupled electrochemical process that combines CO<sub>2</sub> reduction at an N-heterocyclic carbene-stabilized gold cathode with ammonia oxidation (AOR) at a nickel-iron layered double hydroxide (NiFe-LDH) anode. By replacing OER with AOR, the theoretical cell voltage can be reduced from approx. 1.33 V to approx. 0.9 V and energy requirements can be reduced by up to 40%. At the same time, two marketable products – CO and nitrate – are produced from two previously unused waste streams (CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>). The project thus addresses both energy efficiency and material cycles and creates the basis for scalable, modular plants at the interfaces of biogas, wastewater, and chemical infrastructure.

The project is divided into four closely interlinked work packages that interact in iterative loops: in WP2, the University of Vienna is developing NHC-stabilized gold nanoparticles and surfaces and testing their CO<sub>2</sub> reduction performance under practical conditions, with target values of at least 70% FE(CO) and current densities from 100 mA cm<sup>-2</sup>. In parallel, in WP3, AIT is generating a NiFe-LDH library using combinatorial electrochemical deposition, correlating composition and activity, and identifying anodes with high nitrate selectivity (FE(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ≥ 50%, overpotential ≤ 0.4 V). The analyses bundled in WP4 by FEN Research – techno-economics and life cycle assessment (TCA/LCA), disruption and market relevance assessment – translate the experimental data into robust go/no-go criteria and scaling paths. AP1 provides the organizational framework for this, including project management, quality and data management (FAIR), and monitoring of sustainability and equality. The aim of the project is to establish the technical, economic, and ecological foundations for an energy-efficient CO<sub>2</sub>RR//AOR system. The expected results include (1) a catalyst library and data sets on stability and selectivity, (2) validation of the paired cell architecture with measurable energy savings of 30–40%, and (3) a sound basis for decision-making for scaling and further development within the framework of a follow-up R&D&I project.

INCUVATION contributes directly to the goals of Energy Research 2025 in the focus area "Hydrogen, Renewable Gases, and CCUS" by developing energy-efficient processes for the simultaneous use of carbon and nitrogen streams. The project promotes the decarbonization of industrial processes, strengthens Austria's innovative capacity in the field of CO<sub>2</sub> utilization, and creates new value chains for sustainable chemical products.

## **Projektkoordinator**

- Universität Wien

## **Projektpartner**

- FEN Research GmbH
- AIT Austrian Institute of Technology GmbH