

ABATE

Circularity By urbAn waste to SCP and PHB

Programm / Ausschreibung	IWI, IWI, TECXPORT: Bilaterale FTI-Calls Ausschreibung 2022	Status	laufend
Projektstart	01.09.2023	Projektende	28.02.2026
Zeitraum	2023 - 2026	Projektlaufzeit	30 Monate
Keywords	gas fermentation; single cell protein (SCP); biopolymers (PHB); circularity; carbon neutrality;		

Projektbeschreibung

ABATE ist ein 2-jähriges Projekt industrieller Forschung zwischen 1 österreichischen KMU, 1 chinesischen KMU und 2 chinesischen Universitäten mit dem Ziel, eine Technologie für die CO₂-neutrale Gasfermentation aus Siedlungsabfällen (MSW) zu entwickeln, um Einzellerprotein (Single Cell Protein, SCP) und Biopolymere (PHB, Polyhydroxybutyrat) im urbanen Umfeld herzustellen. Die organische Fraktion von MSW wird in CH₄ und CO₂ aus Biogas, über anaerobe Vergärung, und Synthesegas (CO, H₂) aus Biomassevergasung und (teilweise) Methanisierung umgewandelt und einem patentierten kombinierten Gasfermentationsprozess mit aeroben Bakterien (Methanotrophen) zugeführt und gekoppelt mit einem zweiten Fermenter mit anaeroben Bakterien (Acetogene). Die Kohlenstoffausbeute aus der Vergasung wird im Gasfermentationsprozess optimiert. Die Grundidee ist, die urbanen Abfälle direkt in der Stadt in Wertstoffe umzuwandeln. Indem die Siedlungsabfälle in der Stadt verbleiben, werden Abtransporte vermieden, und Materialien für die Verwendung in der Stadt werden durch den eingesetzten kombinierten Prozess ohne CO₂-Emissionen gewonnen. Im Zuge von ABATE wird das Konsortium Stämme optimieren, einen neuartigen Fermenter entwickeln, den gekoppelten Prozess erforschen, die nachgeschaltete Verarbeitung (downstream process) erarbeiten und zu den Endprodukten forschen. Konkrete Zielwerte für Umsetzungsgrad der Rohstoffe, Ausbeute, Produktivität und Energieverbrauch wurden definiert. Ein Arbeitspaket zur Disseminierung stellt sicher, dass die Projektergebnisse in mindestens 4 Open-Access-Artikeln (peer-reviewed) veröffentlicht werden. Die Antragsteller wollen die aufkommende Technologie der Gasfermentation auf die nächste Stufe heben (von TRL 4 auf 6), um durch Prozessintegration und Anpassung an den Einsatz in einer städtischen Umgebung den ökologischen Fußabdruck zu reduzieren: den von Kohlenstoff auf Null, aber auch den Fußabdruck von Wasser, Landverbrauch und Verwendung von Düngemitteln, indem ein fortschrittlicher Bioprozess demonstriert wird, der von der landwirtschaftlichen Primärproduktion entkoppelt ist und sicher sowie nachhaltig in einer städtischen Umgebung betrieben werden kann. Die Technologieentwicklung wird für den Einsatz in österreichischen und chinesischen Städten der Zukunft anwendbar sein und deckt einen wichtigen Aspekt der „Grünwerdung“ des städtischen Lebens ab, der bisher nicht untersucht wurde. Das Konsortium verfügt über alle erforderlichen Kompetenzen, um dieses Projekt, welches eine sehr große Auswirkung zeigen kann, erfolgreich durchzuführen, für einen gemeinsamen Technologieexport zum Wohle der 2 Länder, der städtischen Bevölkerung und der Umwelt.

Abstract

ABATE is a 2-year-project of industrial research between 1 Austrian SME, 1 Chinese SME and 2 Chinese universities, with the aim of developing technology for CO₂-neutral gas fermentation from municipal solid waste (MSW) to produce single cell protein (SCP) and biopolymers (PHB, polyhydroxybutyrate) in an urban environment. The organic fraction of MSW is converted into CH₄ and CO₂ (biogas, anaerobic digestion) and synthesis gas (CO, H₂), from biomass gasification and (partial) methanation, and fed to a patented combined gas fermentation process with aerobic bacteria (methanotrophs) in one fermenter and anaerobic bacteria (acetogens) in a second, coupled fermenter. Gasification is optimized for enhancing the carbon conversion efficiency in gas fermentation. The core idea is to keep the waste in the city and use it right there to make value-added products for use in the city. By keeping the MSW in the city, outbound transportation is avoided, and materials for use in the city are obtained without CO₂ emissions. In the course of ABATE, the consortium will optimise and engineer strains, develop a novel fermenter, research the coupled process, develop downstream processing and do research on final products. Specific target values for conversion rate, yield, productivity and energy consumption were defined. A work package on dissemination ensures that the project results are published in at least 4 open access articles (peer reviewed). The applicants want to take the emerging technology of gas fermentation to the next level (to TRL from 4 to 6), by process integration and adaptation to deployment in a city environment, to reduce the environmental footprint: That one of carbon to zero, but also the footprint of water, land and fertilizer use, by demonstrating an advanced bioprocess that is decoupled from agricultural operations and can be operated safely and sustainably within a city environment. The technology development will be applicable for use in Austrian and Chinese cities of the future, and it covers an important aspect of "greening" urban life that has not been studied previously. The consortium has all required competencies to successfully carry out this high-impact project, for a joint technology export to the benefit of the 2 countries, the urban population and the environment.

Endberichtkurzfassung

Summary of results [for publication on FFG website]

ABATE was a 30-month collaborative industrial research project between one Austrian SME (CIRCE Biotechnologie GmbH), one Chinese SME, and two Chinese universities. Its goal was to develop a technology for CO₂-neutral gas fermentation of municipal solid waste (MSW) to produce single-cell protein (SCP) and biopolymers (PHB, polyhydroxybutyrate) in an urban environment. The underlying concept is to convert the organic fraction of MSW into CH₄ and CO₂ via biogas (anaerobic digestion) and into CO and H₂ via biomass gasification. These conversions are then implemented in a patented combined gas fermentation process using aerobic bacteria (methanotrophs) and anaerobic bacteria (acetogens).

ABATE focused on the development of the gas fermentation process.

- 1) Selection and optimization of suitable microorganisms. *Methylobacterium* sp. V1 was identified as particularly suitable for the aerobic process. The fermentation conditions were optimized.
- 2) Gas fermentation requires special reactors to increase the conversion rate of the starting materials. We designed and constructed our own loop reactor. For circulation, we validated a new process based on rim-driven thrusters.
- 3) For PHB, we researched improved extraction methods by testing new solvents and a process using mealworms.

4) Coupled gas fermentation allows for the low-impact production of SCP and PHB. A life cycle analysis and a techno-economic feasibility study were conducted.

5) At TU Wien, the organism *Thermoanaerobacter kivui* was genetically engineered to ferment on 100% CO and to produce lactic acid, as starting compound for the bioplastics material PLA (polylactic acid).

6) The PHB was found to exhibit a bimodal molecular mass distribution, which is advantageous for processing and mechanical properties.

Productivity of up to 6.1 grams/liter/hour for SCP (dry) was achieved, with fermentation times exceeding two weeks. Through the "ABATE" project, we achieved a Technology Readiness Level (TRL) of 5. The process has been successfully scaled up to 150L and 400L. The next step will be scaling up to a 5000L fermentation volume. We will initially focus on the production of SCPs. The market for SCPs in the animal feed sector (livestock such as poultry and aquaculture, but also pets) is very attractive in both Europe and Asia, particularly China. We plan to continue our cooperation with our Chinese partners. The key results from ABATE can be found in the three new patent applications and five journal articles:

WO2025097199 "Method for transporting a fluid containing a liquid and a gas"

WO2024228166 (A1) "ACETOGENIC FERMENTATION OF CARBON MONOXIDE GAS"

A50144/2026 "E-Loop fermenter for robust, low-cost, energy- and resource-efficient gas fermentation at industrial scale"

<https://doi.org/10.15255/CABEQ.2025.2433>

<https://doi.org/10.3390/bioengineering10121382>

<https://doi.org/10.3390/fluids9070168>

<https://doi.org/10.3390/fuels5040034>

<https://doi.org/10.1016/j.cjche.2025.03.004>

Zusammenfassung [für Veröffentlichung auf der FFG Website]

ABATE war ein 30-monatiges, kooperatives Projekt industrieller Forschung zwischen 1 österreichischen KMU (CIRCE Biotechnologie GmbH), 1 chinesisches KMU und 2 chinesischen Universitäten mit dem Ziel, eine Technologie für die CO₂-neutrale Gasfermentation aus Siedlungsabfällen (MSW) zu entwickeln, um Einzellerprotein (Single Cell Protein, SCP) und

Biopolymere (PHB, Polyhydroxybutyrat) im urbanen Umfeld herzustellen. Das zugrunde liegende Konzept ist, die organische Fraktion von MSW in CH₄ und CO₂ über Biogas (anaerobe Vergärung) und in CO und H₂ über Biomassevergasung umzuwandeln und in einem patentierten kombinierten Gasfermentationsprozess mit aeroben Bakterien (Methanotrophen) und anaeroben Bakterien (Acetogenen) in Produkte umzusetzen.

ABATE hat sich mit der Entwicklung des Gasfermentationsprozesses beschäftigt.

Auswahl und Optimierung geeigneter Mikroorganismen. Für den aeroben Prozess wurde *Methylomonas* sp. V1 als besonders geeignet identifiziert. Die Fermentationsbedingungen wurden optimiert.

Für die Gasfermentation werden spezielle Reaktoren gebraucht, um den Umsetzungsgrad der Ausgangsstoffe zu steigern. Wir haben einen eigenen Schlaufenreaktor (Loop Reaktor) entwickelt und gebaut. Für die Zirkulation haben wir ein neues Verfahren auf Basis von Rim Driven Thrustern validiert.

Für PHB haben wir zu verbesserten Extraktionsmethoden geforscht, indem wir neue Lösemittel und einen Prozess mit Mehlwürmern getestet haben.

Die gekoppelte Gasfermentation erlaubt es, SCP und PHB mit geringem Fußabdruck herzustellen. Eine Lebenszyklusanalyse und eine technoökonomische Machbarkeitsstudie wurden durchgeführt.

An der TU Wien wurde *Thermoanaerobacter kivui* gentechnisch verändert, um mit 100% CO zu fermentieren und Milchsäure, als Ausgangsstoff für den Biokunststoff PLA (Polymilchsäure), herzustellen.

Das PHB zeigt eine bimodale Molekulargewichtsverteilung, was für Verarbeitung und mechanische Eigenschaften vorteilhaft ist.

Es konnte eine Produktivität von bis zu 6,1 Gramm/Liter/Stunde für SCP (trocken) erzielt werden, mit Fermentationsdauern > 2 Wochen. Wir haben durch das Projekt „ABATE“ einen Technologiereifegrad von TRL = 5 erreicht. Das Verfahren wurde erfolgreich auf den 150L und 400L Maßstab skaliert. Der nächste Schritt wird das Scale-up auf 5000L Fermentationsvolumen sein. Wir werden uns zunächst auf die Herstellung von SCP fokussieren. Der Markt für SCP im Bereich Futtermittel (Nutztiere wie Geflügel bzw. Aquakultur, aber auch Haustiere) ist sowohl in Europa als auch in Asien, insbesondere China, sehr attraktiv. Die Kooperation mit unseren chinesischen Partnern planen wir fortzusetzen. Die wesentlichen Ergebnisse aus ABATE finden sich in den 3 neuen Patenteinreichungen sowie in 5 Zeitschriftenartikeln:

WO2025097199 "Verfahren zum Transportieren eines Fluids, das eine Flüssigkeit und ein Gas enthält"

WO2024228166 (A1) "ACETOGENIC FERMENTATION OF CARBON MONOXIDE GAS"

A50144/2026 "E-Loop fermenter for robust, low cost, energy- and resource-efficient gas fermentation at industrial scale"

<https://doi.org/10.15255/CABEQ.2025.2433>

<https://doi.org/10.3390/bioengineering10121382>

<https://doi.org/10.3390/fluids9070168>

<https://doi.org/10.3390/fuels5040034>

<https://doi.org/10.1016/j.cjche.2025.03.004>

Projektpartner

- Circe Biotechnologie GmbH