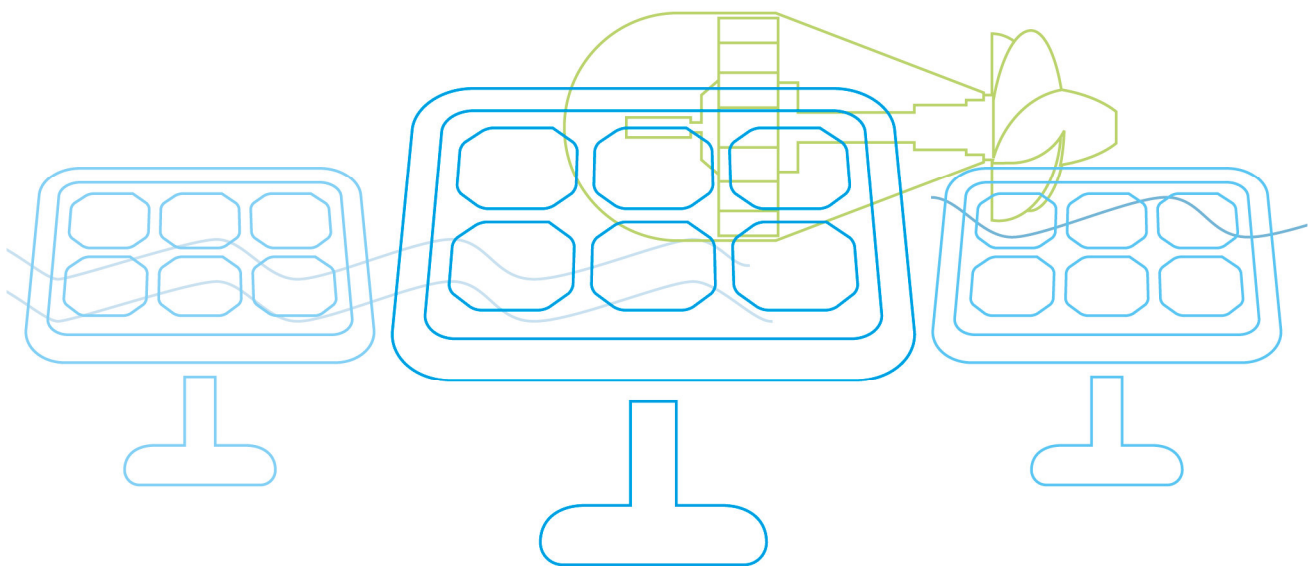




Entwicklung eines optimierten Anwendungsportfolios der biologischen Methanogenese



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.


Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several sweeping, connected strokes.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, written in a cursive style that clearly reads 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

Entwicklung eines optimierten Anwendungsportfolios der biologischen Methanogenese

AutorInnen:

Arne Seifert

Simon Rittmann

Christoph Herwig

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	4
2	Einleitung	5
3	Inhaltliche Darstellung	6
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	7
5	Ausblick und Empfehlungen	8
6	Literaturverzeichnis	9
7	Kontaktdaten	9

2 Einleitung

Die Problemstellung des Projektes ist die Entwicklung eines robusten und ökonomisch wettbewerbsfähigen Verfahrens für den Aufbau des etablierten Energieträgers Methan mit CO₂ Bindung und der Möglichkeit der Speicherung von Wasser-, Wind- und Solar-Strom.

Das exotherme Verfahren benutzt Mikroorganismen (methanogene Archaea), die unter anaeroben Bedingungen für die direkte Umwandlung von CO₂ mit Wasserstoff zu Methan (biologische Methanogenese) verantwortlich sind. Das Verfahren nutzt diese Mikroorganismen um aus den Edukten CO₂ und Wasserstoff die Produkte Methan, Wasser und Biomasse herzustellen. Nachdem die Biomasse als katalytische Einheiten für die biologische Methanogenese eingesetzt wird und die Biomasse im Zuge der Anwendung nicht zerstört wird, stellt dieses Verfahren eine Biomassennutzung der 5. Generation dar [1].

Die Vorprojekte haben die grundsätzliche Eignung der biologischen Methanogenese auch mit der Aufwertung des Realgases Biogas gezeigt. Im Rahmen dieses Projektes gilt es nun diese Arbeiten für einen ökonomisch optimierten Prozess auszubauen. Das Projekt behandelt die Analyse sowie die Optimierung der Einsatzfähigkeit verschiedener industrieller Abgase hinsichtlich der Verwendung als Eduktgas sowie der Entwicklung eines skalierbaren Prozessdesigns. Methodisch ist die Kompetenz verschiedenster Disziplinen, vor allem Mikrobiologie und Bioprozesstechnologie, entscheidend für den Projekterfolg. Zur Kultivierung werden Rührkesselreaktoren im 1L und 10L Maßstab eingebettet in eine hochtechnologische Prozessumgebung verwendet. Die Prozessteuerung wird hierbei weitestgehend automatisiert ablaufen, ermöglicht durch ein hohes Maß an on-line Analytik.

Das Projekt soll die Einsatzfähigkeit sowie die notwendige Aufbereitung von Realgasen spezifizieren sowie den Betrieb mit selbigen optimieren. Weiters soll ein skalierbares Prozessdesign-Konzept definiert werden.

3 Inhaltliche Darstellung

Sämtliche Experimente werden, analog zu einer späteren industriellen Anwendung des Prozesses in kontinuierlichen Kulturen durchgeführt. Das Projekt beinhaltet die folgenden Arbeitspakete:

Analyse der Einsatzfähigkeit von Realgasen

Mindestens drei, vom Industriepartner zur Verfügung gestellte Realgase werden als Eduktgase für die biologische Methanogenese getestet. Ziel ist die Identifizierung möglicher inhibitorischer Komponenten. Hierfür ist die Entwicklung einer Methode zur Quantifizierung der Störeinflüsse etwaiger NebenkompONENTEN notwendig.

Optimierung der Produktqualität mit Realgasen

Die Methodik zur Erhöhung der volumetrischen Methanproduktionsrate sowie des Methangehalts im Produktgas, die in Projekt 1 (830004) entwickelt wurde soll hier nun auf Kulturen angewendet werden, die auf Realgasen als einziger CO₂ bzw. H₂ Quelle wachsen [2]. Ziel ist es, auch mit Realgasen als Eduktgasen erhöhte volumetrische Produktionsraten sowie brauchbare CH₄ Konzentrationen im Produktgas zu erreichen.

Definition der nötigen Eduktaufbereitung und nachträgliche prozesstechnische Vermessung

Nachdem im ersten Arbeitspaket, mögliche inhibitorische Komponenten in den getesteten Realgasen identifiziert worden sind, sollen diese nun (extern) entfernt werden. Die so aufgereinigten Gase werden abermals der biologischen Methanogenese als Edukt zur Verfügung gestellt und abermals auf Ihre Verträglichkeit getestet.

Definition eines skalierbaren Prozessdesign-Konzepts

Die Ergebnisse aus Projekt 83004 sowie aus den ersten drei Arbeitspaketen dieses Projektes werden herangezogen um ein skalierbares Prozessdesign-Konzept für eine funktionelle biologische Methanogenese Anlage zu erstellen. Die für den Scale Up relevanten Design Parameter der Prozessentwicklung werden prozesstechnisch durchgängig beschrieben. Die Unterlagen erlauben unserem Industriepartner die Erstellung einer User Requirement Specification für die Anfrage der Komponenten für den Bau eines Demoreaktors (1000L).

4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In Projekt 1 wurde Basierend auf den Wachstumseigenschaften von mesophilen, thermophilen und hyperthermophilen Methanogenen und den entsprechenden Screenings von 9 Stämmen, die diesen Temperaturoptima zugeordnet werden können, konnte ein Stamm identifiziert werden, der hochgradig für weitere Experimente geeignet ist.

Dieser Stamm wurde auch für alle Experimente dieses Projektes herangezogen.

Von unserem Industriepartner wurden drei verschiedene Realgase (Biogas, Verbrennungsabgas, H₂ reiches Industrieabgas) für die Vermessungen zur Verfügung gestellt. Um den Einfluss dieser Gase auf die biologische Methanogenese quantifizieren zu können wurde von uns eine Methode entwickelt, die es erlaubt inhibitorische Einflüsse von Massentransfereinflüssen auf die volumetrische Methanproduktionsrate zu unterscheiden [3]. Mit Hilfe dieser Methode wurden die drei Eingangs erwähnten Realgase auf mögliche inhibitorische Einflüsse hin untersucht. Die in den Gasen enthaltenen Nebenkomponten waren unter anderem O₂, CO sowie kurzkettige Alkane.

Überraschenderweise, konnte bei keinem der getesteten Gase ein negativer Einfluss auf die biologische Produktionskapazität der Kultur beobachtet werden. Aus früheren Experimenten war jedoch bekannt, dass höhere O₂ Konzentrationen einen inhibitorischen Effekt auf die Methanogenese haben. Konzentrationen von über 3 Vol.-% im Eduktgas sollten daher vermieden werden.

Neben den gasförmigen Komponenten wurden weiters anorganische Ionen und organische Lösungsmittel, die potentiell in Spuren in Industrieabgasen auftreten können bezüglich ihres Einflusses auf die Kultur getestet. Dies geschah in Form von Pulsexperimenten mit Kulturen, die auf dem H₂ reichen Industrieabgas als einziger H₂ Quelle gefahren wurden. Trotzdem eine ganze Reihe verschiedener Substanzen getestet wurde, zeigten nur hohe Konzentrationen von KCN inhibitorische Einflüsse auf die Kultur.

Nachdem keine der beiden als inhibitorisch identifizierten Komponenten in den vermessenen Realgasen in kritischen Konzentrationen enthalten war, war eine Aufbereitung der Realgase nicht notwendig. Die Optimierung der Produktqualität wurde daher mit den unbehandelten Realgasen durchgeführt. Dies geschah über die Verbesserung des Gas/Flüssig Massentransfers durch Erhöhung von Reaktordruck und Begasungsrate. Ausgehend von den Werten, die bei den Screeningexperimenten erreicht wurden, konnte hierbei die volumetrische Methanproduktionsrate um circa 130% und der Methangehalt im Produktgas um bis zu 150% erhöht werden.

Basierend auf den Ergebnissen der Projekte 830004 und 830003 wurde weiters ein Prozessdesign-Konzept entworfen, das unserem Industriepartner übergeben wurde und als Vorlage für eine User Requirement Specification zum Bau eines Demoreaktors verwendet werden kann.

Schlussfolgerungen:

- Die im Zuge dieses Projektes entwickelte Methode zur Quantifizierung des Einflusses von Realgasen auf die biologische Methanproduktion konnte erfolgreich zur Vermessung der bereitgestellten Realgase angewendet werden. Da es sich um eine generische Methode handelt, kann diese auch auf andere Stämme und Gase angewendet werden.
- Die drei getesteten Realgase zeigten keinen negativen Einfluss auf die Prozess Performance. Dies zeigt die hohe Toleranz des verwendeten Stammes gegenüber den in den Gasen enthaltenen Nebenkomponenten. Die CO₂- und H₂-Anteile in den Realgasen konnten erfolgreich in Methan umgewandelt werden.
- Mehrere, möglicherweise als Aerosole in Industrieabgasen enthaltenen Komponenten wurden zu einer Kultur die auf H₂ reichem Industrieabgas als einziger H₂ Quelle wuchs, hinzugepulst. Nur KCN in hohen Konzentrationen zeigte einen inhibitorischen Einfluss.
- Aus allen Toleranztests hat sich einzig eine Unverträglichkeit gegen KCN und O₂ ergeben. Bis zu einem gewissen Maß werden aber auch diese Substanzen toleriert.
- Die den Massentransfer beeinflussenden Parameter, die in Projekt 1 identifiziert wurden und mit deren Hilfe eine Strategie in Richtung höherer volumetrischer Produktionsraten sowie einem erhöhten Methangehalt im Produktgas entwickelt wurde, konnten erfolgreich auf Realgas-Kulturen umgelegt werden.
- Basierend auf den Projektergebnissen aus Projekt 830003 und 830004 wurde ein Prozessdesign Konzept erarbeitet, das unserem Industriepartner als Hilfestellung für die Planung einer Demo Anlage dienen kann.

5 Ausblick und Empfehlungen

Im Vergleich mit dem chemischen Sabatier Prozess, zeigt die biologische Methanogenese den großen Vorteil der Toleranz gegenüber Nebenkomponenten in den eingesetzten Eduktgasen. Basierend auf den erhaltenen Ergebnissen, können auch weitere Annahmen betreffend der Toleranz gegenüber möglichen Realgasquellen getätigt werden. Dies schließt vor allem Gase biogenen Ursprungs, wie Bio-Wasserstoff oder CO₂ aus der Bioethanol Produktion ein. Die biologische Methanogenese zeigt damit Ihr großes Potential als Prozess zur direkten Umwandlung von industriellen Abgasen.

6 Literaturverzeichnis

1. Martinez Porqueras, E., Rittmann, S., Herwig, C., **Biofuels and CO₂ neutrality: an opportunity**, *Biofuels* 2012, **3**:413-426.
2. Seifert, A., Rittmann, S., Herwig C: **Analysis of process related factors to increase volumetric productivity and quality of biomethane with *Methanothermobacter marburgensis***, *Journal of CO₂ utilisation* 2012, *submitted for publication*.
3. Seifert, A.*, Rittmann, S.*, Bernacchi, S., Herwig, C., **Method for assessing the impact of emission gasses on physiology and productivity in biological methanogenesis**, *Bioresource Technology*, 2013, *accepted for publication*

* Co-first authors

7 Kontaktdaten

Projektleiter:

Prof. Dr. Christoph Herwig

Institut:

Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften

Kontaktadresse:

Technische Universität Wien

Prof. Dr. Christoph Herwig

Gumpendorferstraße 1a/166-4

1060 Wien

Österreich

http://www.vt.tuwien.ac.at/biochemical_engineering/

Projektpartner:

MMag. Simon Rittmann

DI Arne Seifert

Kooperationspartner:

Krajete GmbH

<http://www.krajete.com/>

IMPRESSUM

Verfasser

Technische Universität Wien
Projektleiter: Christoph Herwig
Gumpendorferstraße 1a/166-4
1060 Wien
Web: [http://www.vt.tuwien.ac.at/
biochemical_engineering/](http://www.vt.tuwien.ac.at/biochemical_engineering/)

AutorInnen

Arne Seifert
Simon Rittmann
Christoph Herwig

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
E-Mail: office@klimafonds.gv.at
Web: www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Weder der Klima- und Energiefonds noch die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) sind für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH