



# Förderbekanntmachung BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation

## im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

### Themenschwerpunkte

Biomasseentstehung, Biomassevorbereitung, Biochemische Konversion, Biochemische Produktionsprozesse, Thermochemische Konversion, Produkt- und Reststoffaufbereitung sowie das Querschnittsthema Sensorik

### Fördervolumen

ca. 38 Millionen Euro

### Geförderte Vorhaben

14 Verbünde, 60 Teilprojekte, davon eine Nachwuchsgruppe zusätzlich zwei mit der Förderbekanntmachung assoziierte Vorhaben

### Geförderte Einrichtungen

31 Hochschulen, 18 außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, sechs Unternehmen, sieben Klein- und mittelständische Unternehmen

Verbundprojekt	Thema
<b>FEBio@H2O</b>	Flüssige Energieträger aus einer integrierten hydrothermalen Umwandlung von Biomasse
<b>ELAST2P</b>	Entwicklung von Sensortechnik und Grundlagen einer flexiblen lastabhängigen Steuerung der Intermediatbildung in zweiphasigen Biogas-Prozessen unter Berücksichtigung einer vollständigen Substratausnutzung
<b>GOBI</b>	Ganzheitliche Optimierung der Biogasprozesskette zur Steigerung der betrieblichen, stofflichen, energetischen und ökologischen Effizienz unter besonderer Berücksichtigung der Produktion eines natürlichen kundenspezifischen Düngemittels
<b>AG-HiPreFer</b>	Autogenerative Two-Phase High Pressure Fermentation: Verfahrenstechnische Grundlagenuntersuchungen zur zweiphasigen Hochdruckfermentation
<b>VeNGA</b>	Grundlagenuntersuchungen zur Verwertung und Nährstoffnutzung der boden- und pflanzenbezogenen Wirkung von Gärrückständen aus der Abfallvergärung
<b>BioPara</b>	Gesamterfassung von biochemischen und metagenomschen Parametern in Biogasanlagen und deren Korrelation zur Produktionseffizienz
<b>MethanoQuant</b>	Quantifizierung der Wege zur Methanbildung in zweistufigen Biogasanlagen
<b>ESE-BIOGAS</b>	Elektrogenese, Sensorik, und Exoenzym basierte Stabilitäts- und Effizienzsteigerung in der Biogasproduktion
<b>BIO-iSensor</b>	Online-Prozessanalytik qualitätsbeeinflussender Parameter bei der Biogasproduktion durch intelligente Sensorik
<b>BIOGAS-MARKER</b>	Bioindikatoren der Biogasfermentation
<b>Nachwuchsgruppe TCKON</b>	Grundlegende Untersuchungen und gezielte Beeinflussung heterogener Reaktionen in der thermochemischen Konversion von Biomasse und robustes, kontinuierliches online-Monitoring der Organikfracht in der Gasphase
<b>Advanced Biomass Value</b>	Entwicklung einer integrierten Verwertungskette zur Konversion von Algen und Hefe basierter Biomasse der dritten Generation zur Herstellung von Flugkraftstoffen, funktionalen Schmierstoffen und neuen Baustoffen
<b>EloGas</b>	Ein portables Konzept zur elektrooptischen Erfassung physiologischer Zustände von Bakterienzellen in Biogasprozessen
<b>MOST</b>	Modellbasierte Prozesssteuerung von Biogasanlagen
<b>ALBIRA</b>	Grundlagen für mikroalgenbasierte Bioraffinerie-Konzepte
<b>OptimAL</b>	Optimierte Algen für eine nachhaltige Luftfahrt



# Aus Biomasse Treibstoffe und Grundstoffe für die chemische Industrie herstellen

## BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation

**Während für die Produktion von Strom und Wärme eine Reihe von zumindest gleichwertigen Alternativen zur Biomasse existiert, stellt sie den einzigen erneuerbaren Kohlenstoffträger dar. Biomasse ist damit essenziell für eine auf erneuerbaren Rohstoffquellen aufbauende organische Chemie, beispielsweise für BtL-Kraftstoffe (Biomass to Liquid – Biomasseverflüssigung). Nach Ansicht vieler Expertinnen und Experten sind aber die derzeitigen Verfahren der Biomasseverflüssigung häufig sehr aufwändig, kostenintensiv oder führen zu Produkten minderer Qualität. Ein neues Verfahren mit dem ein Gemisch aus gesättigten bzw. aromatischen Kohlenwasserstoffen aus verschiedenen Biomassen hergestellt wird, will der Verbund FEBio@H<sub>2</sub>O entwickeln. Ziel ist, dass das Gemisch als Treibstoff oder Grundstoff in der chemischen Industrie genutzt werden kann.**

Die Erzeugung von Treibstoff oder Grundchemikalien aus Biomasse kann substanziell zur Reduzierung der fossilen Kohlendioxidemissionen beitragen. Es ermöglicht nicht nur eine Bereitstellung dieser Substanzen auf Basis von Biomasse, sondern auch ein Verfahren mit hohen Wirkungsgraden und geringem technischen Aufwand.

Für den Einsatz als Energieträger und als chemischer Grundstoff sind insbesondere die Kohlenwasserstoffe interessant, wie sie heute aus Erdöl hergestellt werden. Damit können die vorhandene Logistik, Weiterverarbeitungsanlagen und Anwendungen weiterbetrieben werden. Die psychologische Hemmschwelle ist außerdem geringer als bei der Umstellung auf einen Ersatzstoff.



Glucoseproduktlösung

Als Ausgangsstoffe für Treibstoffe und für Grundstoffe für die chemische Industrie wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die ganze Bandbreite von Biomasse nutzen. Zur Minimierung von Konkurrenz-situation mit der Nahrungsmittelversorgung und anderen Anwendungen werden insbesondere auch biogene Reststoffe betrachtet. Einen wesentlichen Pfeiler der Arbeiten bilden also die stofflichen Eigenschaften unterschiedlicher Biomassen.

Landpflanzen sind in ihrer Struktur durch den Aufbau aus Kohlenhydraten und Lignin gekennzeichnet. Ausgehend von diesen Hauptbestandteilen der Edukte soll ein Zwischenprodukt synthetisiert werden, das für einen Kraftstoffeinsatz ohne chemische Weiterverarbeitungsschritte drei wesentliche Voraussetzungen erfüllt:

- einen geeigneten Siedetemperaturbereich,
- einen geringen Sauerstoffgehalt in Anlehnung an die Kraftstoffnorm und
- eine gute Alterungsbeständigkeit.



Kontinuierlicher hydrothormaler Rohrreaktor

Dabei setzen die Forscherinnen und Forscher auf hydrothermale Reaktionswege, um die biomassetypischen Makromoleküle zu zerlegen. Die gebildeten Zwischenprodukte werden in einem folgenden, integrierten Schritt katalytisch in der wässrigen Phase veredelt. Es wird angestrebt, diese Veredelung nicht, wie es dem Stand der Technik entspräche, durch eine Hydrierung mit externem zugeführtem Wasserstoff durchzuführen. Vielmehr sollen die Abbauprodukte der Biomasse zum Teil in einer Flüssigphasenreformierung in Wasserstoff umgesetzt werden, der unmittelbar gekoppelt zur Hydrierung des anderen Teils der Abbauprodukte genutzt wird. Dieses Verfahren wird so ausgerichtet, dass kommerzielle Anlagen dezentral und in den für Biomasse angepassten Größen wirtschaftlich realisierbar sind.

#### **Fördermaßnahme**

BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

#### **Projekttitel**

Flüssige Energieträger aus einer integrierten hydrothermalen Umwandlung von Biomasse – FEBio@H<sub>2</sub>O

#### **Laufzeit**

01.01.2013 – 31.12.2015

#### **Förderkennzeichen**

03EK3508

#### **Fördervolumen des Verbundes**

ca. 1,6 Millionen Euro

#### **Kontakt**

Deutsches Biomasse Forschungszentrum gemeinnützige GmbH  
Dr.-Ing. Marco Klemm  
Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig  
Telefon: +49 (0)341-2434-537  
Telefax: +49 (0)341-2434-133  
E-Mail: marco.klemm@dbfz.de

#### **Projektpartner**

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum  
gemeinnützige GmbH,  
Universität Leipzig, Fakultät für Chemie und Mineralogie  
Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen  
Advanced Machinery & Technology Chemnitz GmbH

#### **Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

#### **Redaktion und Gestaltung**

Projekträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

#### **Bildnachweis**

Deutsches Biomasseforschungszentrum



# Automatisierte Prozesssteuerung in Biogasanlagen hilft Strom bedarfsgerecht einzuspeisen

## BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation

**Der wachsende Anteil fluktuierender erneuerbarer Stromerzeuger führt zu witterungsbedingten Schwankungen im Stromnetz. Durch kurzfristig verfügbare Regelenergie müssen Erzeugung und Verbrauch von elektrischem Strom exakt aufeinander abgestimmt werden. Während konventionelle Biogasanlagen für einen kontinuierlichen Volllastbetrieb optimiert sind, bieten zweiphasige Biogasanlagen ein hohes Potential zur Bereitstellung von Regelenergie durch den Aufschluss von Biomasse in speicherbare und anschließend schnell umsetzbare Zwischenprodukte.**

Die Ziele von ELAST<sup>2P</sup> sind die Erforschung der Grundlagen und die verfahrenstechnische Entwicklung für eine vollständige Konversion bzw. Verwertung pflanzlicher Biomasse, insbesondere des Lignocellulose-Komplexes, in einem zweiphasigen Biogasprozess sowie dessen Überwachung und Echtzeitsteuerung. Dabei sollen die Fundamente einer lastabhängigen und sensorgestützten Prozesssteuerung sowie effektive Abtrenn- und Speicherungsverfahren der Intermediate erforscht werden.

Im Rahmen des vorangegangenen BMBF-geförderten Verbundprojektes FABES-Modul wurden leistungsfähige Methoden, Algorithmen und technische Komponenten entwickelt, welche erstmalig eine geregelte, gerichtet-fermentative Biomasseverwertung ermöglichen. Es können ähnliche Biogaserträge erzielt werden wie in einphasigen Systemen – bei deutlich verkürzten Verweilzeiten im Gesamtsystem. Anknüpfend an diese Ergebnisse realisiert der Verbund ELAST<sup>2P</sup> anwendungsorientierte Grundlagenforschung mit dem Ziel einer Verbesserung der Effizienz der Biogaserzeugung. Schwerpunkte sind:

- Erhöhung des Gasertrags durch Biomasse-Vorbereitung (neue Verfahren, Nutzung der gesamten Pflanze, Nutzung biogener Reststoffe)

- Identifikation der Engpässe von Stoffwechsel- und Produktionswegen
- Erforschung der wechselseitigen Beeinflussung von Prozessführung und biochemischen Prozessen
- Integration moderner Sensorik zur lastabhängigen Steuerung mit Hilfe mathematischer Modelle

mit dem Ziel einer Verbesserung der Effizienz der Biogaserzeugung.



Hochdruck-Methanreaktor am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim.

Für einen gerichtet-fermentativen Aufschluss von Biomasse in speicherbare Intermediate muss die Arbeit des Hochleistungsmethanreaktors automatisiert erfolgen. Es fehlen aber Methoden zur Überwachung des Prozesses. Ein Fokus des Verbundes liegt daher auf der Entwicklung innovativer Sensortechnik (Nah-Infrarotspektroskopie – NIRS) und akustischer Wellenleiter-Technologie (surface acoustic waves - SAW) und deren Anpassung an die Anforderungen einer zweiphasigen Biogasanlage sowie auf der Entwicklung eines detaillierten mathematischen Modells zu ihrer Echtzeitsteuerung.



Hydrolyse-Fermenter der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft während der Fütterung.

Darüber hinaus untersuchen die Wissenschaftler inwiefern der feste Gärrückstand, der sogenannte Presskuchen, einer energetischen oder stofflichen Verwertung zur Steigerung der Ressourcen- und Materialeffizienz zugeführt werden kann. Ziel ist es, diesen Presskuchen nach einer enzymatischen Aufbereitung als zusätzliche vergärbare Biomasse wieder dem Biogasprozess zuzuführen oder ihn als Wachstumssubstrat für die Speisepilz- bzw. Enzymproduktion zu nutzen.

#### **Fördermaßnahme**

BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

#### **Projekttitel**

Entwicklung von Sensortechnik und Grundlagen einer flexiblen lastabhängigen Steuerung der Intermediatbildung in zweiphasigen Biogas-Prozessen unter Berücksichtigung einer vollständigen Substratausnutzung - ELAST<sup>2P</sup>

#### **Laufzeit**

01.12.2012 – 30.11.2015

#### **Förderkennzeichen**

03EK3509 A-D

#### **Fördervolumen des Verbundes**

1,6 Millionen Euro

#### **Kontakt**

Dr. rer. agr. Stefan Köhler  
Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte  
an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)  
Philippsstr. 13, Haus 16, 10115 Berlin  
Telefon: +49 (0)30 2093 9042  
Telefax: +49 (0)30 2093 9065  
E-Mail: stefan.d.koehler@agrar.hu-berlin.de

#### **Projektpartner**

Universität Hohenheim, Landesanstalt für Agrartechnik  
und Bioenergie  
Goethe-Universität Frankfurt am Main, Goethe-Zentrum  
für Wissenschaftliches Rechnen (G-CSC)  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut  
für Landtechnik und Tierhaltung  
Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der  
Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

#### **Internet**

[www.biogas-network.de/elastic2p](http://www.biogas-network.de/elastic2p)

#### **Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

#### **Bildnachweis**

Universität Hohenheim (Methanproduktion)  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Fermenter)



# Wissenschaftler optimieren Biogasprozesskette

## BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation

**Für die Energiewende wird die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien kontinuierlich ausgebaut. Biogasanlagen sind dabei ein wichtiger Baustein. In Biogasanlagen sind die einzelnen Prozesse zwar vergleichsweise gut erforscht, es fehlen aber Forschungsergebnisse, wie die Ausbeute weiter verbessert und die Biogasproduktion als Ganzes effizienter werden können. Ziel ist eine nachhaltige Biogasproduktion, bei der alle Prozessschritte und die Verwertung der Zwischen- und Endprodukte optimiert werden. Daran arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Hohenheim und des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB) zusammen mit den Industriepartnern Genedata Bioinformatik GmbH und der Geltz Umwelttechnologie GmbH im Projekt GOBi (Ganzheitliche Optimierung der Biogasprozesskette). Sie wollen die Biomasse, deren Hauptbestandteile Mikroorganismen zu Biogas abbauen, fast vollständig verwerten. Neue Technologien gewinnen beispielsweise Nährstoffe aus dem Gärrest zurück, um sie der landwirtschaftlichen Nutzfläche als Dünger wieder zuzuführen.**

Eine nachhaltige Biogasproduktion beginnt beim Anbau der Energiepflanzen auf dem Feld. Wie viel Biogas eine Pflanze liefert, hängt nicht nur von der Pflanzenart, sondern auch von der Anbaumethode ab. Um optimale Bedingungen zu entwickeln, arbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit verschiedenen Energiepflanzen. Neben Mais gehören dazu auch Amaranth und Miscanthus, die zukünftig als Energiepflanzen eine Rolle spielen könnten.

Ein hoher Biomassertrag ist das wesentliche Ziel bei der Energiepflanzenproduktion. Wie sich ein ertragssteigernder Dünger für welche Pflanze idealerweise zusammensetzt, erproben Forscher in Feld- und Topfversuchen. Die Komponenten dieses Designdüngers gewinnen sie aus den Gärresten der Biogasproduktion, die zuvor in eine feste und in eine

flüssige Phase getrennt werden. Die feste Phase wird mit überhitztem Dampf in einem speziell entwickelten Trockner behandelt. Aus der flüssigen Phase gewinnen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wertvolle Phosphor- und Stickstoffverbindungen zurück, die für die Energiepflanzenproduktion benötigt werden. Zusätzlich wird Ammoniak, welches bei der Trocknung von Gärresten entsteht, mit unterschiedlichen Verfahren fixiert und ebenfalls als Komponente zur Herstellung von Designdünger genutzt.

Bei der Lagerung von Biomasse entstehen als Nebenprodukte in Silagesäften Milch-, Essig- und Buttersäure, die für die Chemie-, Pharma- und Kosmetikindustrie sowie für die Herstellung von Futtermitteln nützlich sind. Die Verfahrensschritte, mit denen sich diese Wertstoffe technisch aus der Silage extrahieren lassen, sind von besonderem Interesse.

Zusätzlich werden die Kernprozesse der Gasproduktion untersucht. Ziel ist es, die Ausbeute zu erhöhen und die Produktionszeit zu verkürzen. Hierzu analysieren die Forscherinnen und Forscher, wie sich die Zusammensetzung der Biomasse und der beteiligten Mikroorganismen auf die Biogasproduktion auswirkt.



Durch Simulationen verschiedener Betriebsvarianten lässt sich der Produktionsprozess verbessern.

Der Betrieb einer Biogasanlage hat Auswirkungen auf die Umwelt, die sich messen lassen. In einer sogenannten Ökobilanz (Life Cycle Assessment – LCA) vergleichen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den Energiebedarf für den Bau, den Betrieb und den Abriss einer Biogasanlage mit der Energie, welche die Anlage in ihrem gesamten Betriebsleben produziert. Die Ergebnisse der Ökobilanz in Kombination mit einer Simulation des Biogasprozesses erlauben Prognosen inwiefern sich der Produktionsprozess durch verschiedene Betriebsvarianten verbessern lässt.

**Fördermaßnahme**

BioProFi – Bioenergie – Prozessorientierte Forschung und Innovation im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

**Projekttitle**

Ganzheitliche Optimierung der Biogasprozesskette zur Steigerung der betrieblichen, stofflichen, energetischen und ökologischen Effizienz unter besonderer Berücksichtigung der Produktion eines natürlichen kundenspezifischen Düngemittels – GOBI

**Laufzeit**

01.06.2013 – 31.05.2016

**Förderkennzeichen**

03EK3525

**Fördervolumen des Verbundes**

3,9 Millionen Euro

**Kontakt**

Universität Hohenheim  
Dr. Klaus Meissner  
Institut für Agrartechnik  
Abteilung Tropen/Subtropen (440e)  
Telefon: +49 (0)711 459-22491  
E-Mail: meissner@uni-hohenheim.de

**Projektpartner**

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB  
Genedata GmbH  
Geltz Umwelttechnologie GmbH

**Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

**Redaktion und Gestaltung**

Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

**Bildnachweis**

©istockphoto.com / Wittelsbach Bernd



# Mit dem neuartigen AG-HiPreFer Verfahren Biogas effizient in Hochdruckleitungen einspeisen

**BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation**

**In Deutschland wird in 98 Prozent der über 7.700 Biogasanlagen das erzeugte Biogas direkt in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) verstromt. Häufig wird weniger als 40 Prozent der chemischen Energie in elektrische Energie umgewandelt und die anfallende Wärme nur unzureichend genutzt. Eine Alternative ist die Einspeisung von aufbereitetem Biogas in das Erdgasnetz und dessen anschließende Nutzung an Orten mit hohem Wärmebedarf. Wegen fehlender Kapazitäten werden die bisher genutzten lokalen Verteilnetze und regionalen Transportnetze zukünftig für die Biogaseinspeisung nicht mehr ausreichen. Vielmehr muss vermehrt auf Ferngasleitungen zurückgegriffen werden. Sie erfordern aber Betriebsdrücke von bis zu 100 bar. Muss das aufbereitete Biogas bis auf diese Drücke verdichtet werden, sinkt die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.**

**Ziel des Vorhabens ist es, mit Hilfe des neuartigen Erzeugungsverfahrens „AG-HiPreFer – autogenerative Hochdruckfermentation“ die Bereitstellung von Biogas besser an die Anforderungen der Einspeisung in Hochdruckleitungen im Erdgasnetz anzupassen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wollen die Verdichtung des Gases in den Prozess integrieren und so bis zu 30 Prozent des Energieaufwandes für eine anschließende Gasaufbereitung einsparen.**

Um die Bereitstellung von Biogas besser an die Anforderungen der Einspeisung in Hochdruckerdgasleitungen anzupassen, soll im geplanten Verbundvorhaben das Erzeugungsverfahren AG-HiPreFer entwickelt werden. Neu bei diesem Prozess ist, dass Biogas beim gewünschten Einspeisedruck durch Mikroorganismen erzeugt wird. Basis des Anlagenkonzeptes ist die zweiphasige Druckfermentation, bei der die Biomasse zunächst in einem kontinuierlich betriebenen Fermenter in gelöste organische Verbindungen (organische Säuren und Alkohole) überführt wird. Diese Verbindungen sollen in einem

Hochdruck-Methanreaktor unter einem Druck von bis zu 100 bar zu Biogas umgesetzt werden, so dass die Einspeisung in Ferngasleitungen ohne Verdichtung möglich wird. Die Druckerhöhung erfolgt nur durch die Methanproduktion der Mikroorganismen. Durch das am Verbundvorhaben beteiligte mikrobiologische Institut sollen zunächst Mikroorganismen selektiert werden, die bei diesen Fermentationsdrücken eine hohe Stoffwechselrate erreichen. Bisher gibt es in diesem Druckbereich noch keine Erfahrungen mit einer geregelten Biogasproduktion. Auch steht bisher keine geeignete Messtechnik zur Verfügung. In diesem Projekt entwickeln die Forscherinnen und Forscher die nötigen Technologien.



Hochdruck-Methanreaktor am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim

Ergänzend sollen Grundlagenuntersuchungen für eine in das Verfahren integrierte anaerobe Microbial Fuel Cell durchgeführt werden, mit der die Gesamteffizienz des Verfahrens weiter gesteigert werden kann. Durch die räumliche Trennung des Fermentationsvorganges in die Säurebildung und die Methanogenese bilden sich Potenzialdifferenzen zwischen den verschiedenen Fermentern aus. Diese Potenzialdifferenzen sollen mit Anoden und Kathoden abgegriffen und zur direkten Stromproduktion genutzt werden.

Das Gesamtziel des AG-HiPreFer-Projektes kann in mehrere Teilziele untergliedert werden:

- Entwicklung eines Hochdruck-Methanreaktors
- Untersuchung des Aufkommens und der Verteilung von Spurengasen, insbesondere von Schwefelwasserstoff, Ammoniak und Wasserstoff in den Prozessstufen
- Klären des Druckeinflusses auf die mikrobiologischen Vorgänge im Reaktor
- Grundlagenuntersuchungen für eine anaerobe Microbial Fuel Cell
- Systemanalytische Betrachtung und ökonomische Evaluierung des Verfahrens

Mit dem AG-HiPreFer-Verfahren kann die biochemische Konversion der Biomasse zu Biomethan und dessen Einspeisung in Hochdrucknetze im Vergleich zu den heutigen Verfahren energieeffizient gestaltet werden. Gelingt die Entwicklung des Hochdruck-Fermentationsverfahrens, wird zukünftig über die Einspeisung in das europäische Ferngasnetz ein grenzüberschreitender Ausgleich der Produktion und Nutzung von Biomethan möglich.

Die Bundesregierung hat in ihrem Energiekonzept von September 2010 beschlossen, die Einspeisung von Biogas sowie dessen Aufbereitung und Nutzung als Treibstoff besonders zu fördern. Ziel ist es, bis zum Jahr 2020 jährlich sechs Milliarden Kubikmeter Biogas in das Erdgasnetz einzuspeisen. Bis zum Jahr 2030 sollen es zehn Milliarden Kubikmeter pro Jahr werden. Das sind rund 10 Prozent des jährlichen Erdgasverbrauchs in Deutschland.

#### **Fördermaßnahme**

BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

#### **Projekttitel**

Autogenerative Two-Phase High Pressure Fermentation (AG-HiPreFer) Integrative Biogaserzeugung und Aufbereitung zur Einspeisung in Hochdruck-Erdgasnetze

#### **Laufzeit**

01.07.2013 – 30.06.2016

#### **Förderkennzeichen**

03EK3526A-C

#### **Fördervolumen des Verbundes:**

1,76 Millionen Euro

#### **Kontakt**

Universität Hohenheim  
Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie  
Dr. sc. agr. Andreas Lemmer  
Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart  
Telefon: +49 (0)711 459 22684  
Telefax: +49 (0)711 459 22111  
E-Mail: [andreas.lemmer@uni-hohenheim.de](mailto:andreas.lemmer@uni-hohenheim.de)  
Internet: [www.uni-hohenheim.de/labioenergie](http://www.uni-hohenheim.de/labioenergie)

#### **Projektpartner**

DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) mit den Abteilungen Gastechologie (DVGW-EBI) und Wasserchemie (DVGW-Wasser)  
Johannes Gutenberg Universität Mainz, Institut für Mikrobiologie und Weinforschung (IMW)

#### **Assoziierter Partner**

Centre de Recherche Public Gabriel Lippmann, Département Environnement et Agro-biotechnologies (CRP), Luxemburg

#### **Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

#### **Bildnachweis**

Universität Hohenheim

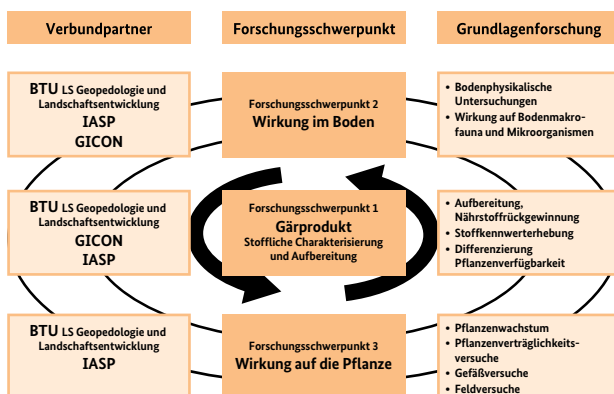


# Reststoffe aus der Abfallvergärung nutzen

## BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation

**In Deutschland werden derzeit 7.900 Biogasanlagen betrieben, die in erster Linie nachwachsende Rohstoffe als Gärsubstrate einsetzen. Auch Bioabfälle könnten in Zukunft verstärkt als Gärsubstrat genutzt werden. Damit erhöht sich die Menge an Gärrückständen aus der Bioabfallvergärung, die als organisches Düngemittel zur Bodenverbesserung verfügbar wären. Der Einfluss der Substratbehandlung während des Biogas- und Aufbereitungsprozesses auf die Düngeeigenschaften der entstehenden Gärprodukte ist im Moment aber nur wenig erforscht. Eine grundlegende Analyse von Gärrückständen aus der Bioabfallvergärung sowie die Untersuchung der Substrate zwischen den einzelnen Prozessschritten soll Informationen zur Entwicklung der stofflichen Zusammensetzung und des Nährstoff- und Schwermetallgehaltes entlang der gesamten Behandlungskette liefern. Die gewonnenen Erkenntnisse werden anschließend in die Entwicklung von Aufbereitungsmethoden und Düngeempfehlungen einfließen.**

Welche Effekte auf Boden und Pflanzen von behandelten und unbehandelten Rückständen aus der Bioabfallvergärung ausgehen, will das Verbundprojekt VeNGA herausfinden und diese genau messen. Es bearbeitet dazu folgende Forschungsschwerpunkte:



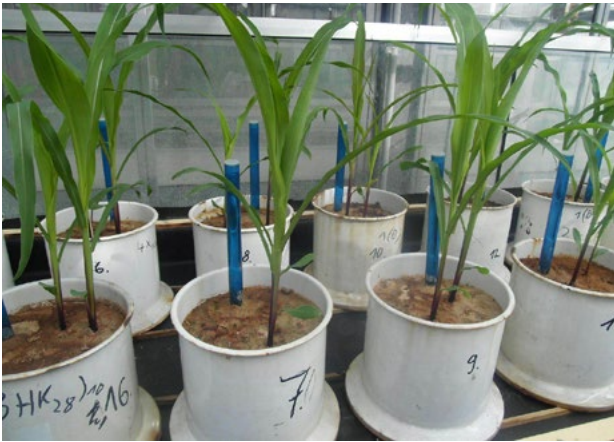
Forschungsstruktur und Inhalte des Verbundvorhabens VeNGA

Zuerst erfolgt die stoffliche Charakterisierung der Gärprodukte unter Anwendung innovativer Aufbereitungsverfahren. Ziel ist es, Nährstoffe zurückzugewinnen und ein hochwertiges, organisches Düngeprodukt mit verbesserter Lager- und Transportfähigkeit hervorzubringen. Eine Variante der Aufbereitung stellt die Agglomeration der festen Gärrückstände zu Düngemittelpellets dar. Die Untersuchungen werden sowohl im Labormaßstab als auch im Technikumsmaßstab durchgeführt.

Grundlegende Analysen zur Wirkung unterschiedlich behandelter Gärprodukte auf den Boden sind Thema des zweiten Forschungsschwerpunktes. Die Entwicklung der bodenphysikalischen Eigenschaften der Bodenmakrofauna und Mikroorganismen sind dabei von besonderem Interesse.

Die Frage, wie sich die Gärproduktdüngung auf landwirtschaftliche Nutzpflanzen, wie Mais, Roggen und Weizen, auswirkt, steht im Fokus des dritten Forschungsschwerpunktes. Dazu untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Pflanzenverträglichkeit der Gärprodukte und die Entwicklung des Pflanzenertrags. Sie wollen die Versorgung der Pflanzen mit den notwendigen Nährstoffen untersuchen.

Außerdem messen die Forscherinnen und Forscher die Kohlenstoffspeicherung im Boden bzw. die Wirkung der unterschiedlichen Gärprodukte auf den Humusgehalt. Die Auswirkungen auf Boden und Pflanzen überprüfen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unter kontrollierten Gewächshausbedingungen in Gefäßversuchen und in praxisnahen Freilandparzellenversuchen. Abschließend erfolgt eine vergleichende ökonomische Betrachtung zur Ausbringung unbehandelter und behandelter Gärprodukte.



Gefäßversuche im Gewächshaus der Brandenburgischen Technischen Universität

Das Verbundprojekt VeNGA erarbeitet mithilfe einer umfassenden stofflichen Charakterisierung die wissenschaftlichen Grundlagen für den möglichen Einsatz von Gärresten aus der Bioabfallvergärung als organisches Düngemittel. Im Rahmen des Projektes sind mögliche Behandlungsverfahren zu erproben, die die Funktionalität der Gärprodukte steigern.

Des Weiteren stehen aus dieser Grundlagenforschung wesentliche Erkenntnisse zur umfassenden Bewertung der Gärprodukte hinsichtlich ihrer kurz- und mittelfristigen Wirkung auf die Pflanzen und die physikochemischen Bodeneigenschaften zur Verfügung. Im Hinblick auf ökologische und ökonomische Effekte können die Forscherinnen und Forscher auch bisherige Bewertungssysteme für Gärprodukte überprüfen oder um neue Aspekte erweitern.

Neue Aspekte fließen auch in Empfehlungen ein, mit denen Biogasanlagen um eine Gärproduktaufbereitungsanlage erweitert werden können. Abschließend sollten die Erkenntnisse auch zur Weiterentwicklung pflanzenbaulicher Einsatzstrategien bei der Gärproduktverwendung genutzt werden.

#### **Fördermaßnahme**

BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

#### **Projekttitel**

Grundlagenuntersuchungen zur Verwertung und Nährstoffnutzung der boden- und pflanzenbezogenen Wirkung von Gärresten aus der Abfallvergärung – VeNGA

#### **Laufzeit**

01.07.2013 – 30.06.2017

#### **Förderkennzeichen**

03EK3527

#### **Fördervolumen des Verbundes**

ca. 1 Million Euro

#### **Kontakt**

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg  
Lehrstuhl für Geopedologie und Landschaftsentwicklung  
Prof. Dr. Thomas Raab, Dr. Julia Krümmelbein  
Postfach 10 13 44  
03013 Cottbus  
Telefon: +49 (0) 355 69 4336  
Telefax: +49 (0) 355 69 2323  
E-Mail: julia.kruemmelbein@tu-cottbus.de

#### **Projektpartner**

Großmann Ingenieur Consult GmbH  
Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte  
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg

#### **Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

#### **Redaktion und Gestaltung**

Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

#### **Bildnachweis**

Dietrich, Brandenburgische Technische Universität



# BioPara deckt Gesamtbild von mikrobiologischen Vorgängen in Biogasanlagen auf

## BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation

**Mikroorganismen nutzen Pflanzenreste, Abfälle und tierische Exkremente zur eigenen Energiegewinnung. Geschieht dies unter Luftsabschluss in einer Biogasanlage, entsteht durch Vergärung Methan. Aus diesem Gas erzeugen Blockheizkraftwerke wiederum Strom und Wärme als regenerative Energie. Zur Erzeugung von Biogas müssen die verschiedenen Bakterien in echter Teamarbeit etliche Vorbereitungsschritte bewältigen. Zunächst spalten die Mikroorganismen langkettige Kohlenhydrate, Fette und Proteine in kleinere Einheiten auf, die von Bakterien vergoren und letztendlich von methanogenen Urbakterien zu Biogas umgesetzt werden. Was sehr einfach klingt, ist in Wirklichkeit ein komplexer biochemischer Prozess mit vielen Beteiligten. Nur wenn das Zusammenspiel der Bakterien stimmt, ist die Methanausbeute hoch. Dies führt wiederum zu einer höheren Strom- und Wärmeerzeugung in Blockheizkraftwerken. Das Ziel von BioPara ist, ein Gesamtbild der mikrobiologischen Vorgänge zu erhalten und mit anderen physikalischen und chemischen Parametern in Beziehung zu setzen, um den Zustand des Biogasprozesses zu erfassen und Prozessoptimierung zu erreichen.**



Biogasanlage mit Gärbehältern und Nachgärern

Zur Identifizierung möglicher Engpässe im Rahmen der Umwandlung tierischer und pflanzlicher Polymere zu Biogas wird im Verbund eine umfassende Charakterisierung der enzymatischen Aktivität von Mikroorganismen aus Biogasanlagen zur Substrat- und Intermediat-Umsetzung angestrebt. Im Mittelpunkt der Arbeit des Konsortiums steht daher die eingehende biochemische und enzymatische Charakterisierung der Biopolymer-Umsetzung zu Methan und Kohlendioxid in ausgewählten Biogasanlagen durch Quantifizierung von Aktivitäten von Schlüsselenzymen.

Ziel ist die Erfassung von möglichst vielen neuartigen biologischen Parametern und deren Korrelation zur Produktionseffizienz in Biogasanlagen. Dabei sollen die Ursachen für Prozesslimitierungen lokalisiert und mögliche Gegensteuerungen etabliert werden. Hierbei ist auch die Entwicklung von neuartigen Sensoren geplant, mit deren Hilfe die Aktivitäten von Schlüsselenzymen durch einfache Nachweissysteme detektiert werden, um bereits im Vorfeld einer Prozessstörung Hinweise auf Fehlsteuerungen erhalten zu können. So soll durch die Bereitstellung und Analyse einer Fülle neu gewonnener Daten aus der Praxis und im Labor ein wesentlicher Fortschritt zur Prozessoptimierung und Problembehandlung landwirtschaftlicher Biogasanlagen erzielt werden.

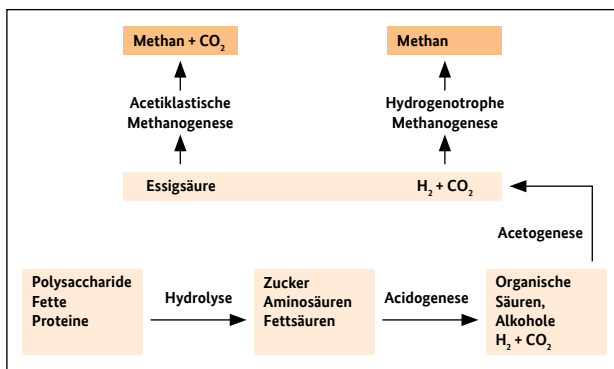
Verschiedene Gruppen von Mikroorganismen sind an der Bildung von Biogas beteiligt, die in vier voneinander abhängigen Teilschritten abläuft.

Im ersten Schritt werden komplexe organische Polymere in einfache Verbindungen gespalten.

Diese einfachen Verbindungen werden in der anschließenden Gärung (Acidogenese) zu organischen Säuren und Alkoholen abgebaut. Als Nebenprodukte entstehen Wasserstoff und Kohlendioxid.

In der nachfolgenden Essigsäurephase (Acetogenese), werden die genannten Verbindungen zu Essigsäure, Wasserstoff und Kohlendioxid umgesetzt.

Dem Wasserstoff und der Essigsäure kommt eine Schlüsselrolle zu, denn nur wenn sehr wenig Wasserstoff und Essigsäure in der Umgebung der Bakterien vorhanden sind, können diese die Fettsäuren weiter abbauen. Für die „Entsorgung“ von Wasserstoff und Essigsäure aus der Lebensumgebung der Bakterien sorgen die wasserstoffverbrauchenden und die essigsäurespaltenden Urbakterien, sogenannte Archaeen, die dabei Methan produzieren.



Schematische Darstellung der mikrobiologischen Teilschritte einer Biogasanlage

Darüber hinaus führen die Wissenschaftler kontinuierliche Gärversuche durch, bei denen charakteristische Prozesszustände gezielt erzeugt und behandelt werden. Umrahmt wird dieser neuartige Forschungsansatz von genomweiten Untersuchungen der Biogas-Mikroben-gemeinschaft durch die Erfassung der Populationsdynamik (Metagenom) und der Quantifizierung der Genexpression und Enzymproduktion.

#### Fördermaßnahme

BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

#### Projekttitel

Gesamterfassung von biochemischen und metagenomischen Parametern in Biogasanlagen und deren Korrelation zur Produktionseffizienz - BioPara

#### Laufzeit

01.10.2012 – 30.09.2015

#### Förderkennzeichen

03SF0421

#### Fördervolumen des Verbundes:

2,6 Millionen Euro

#### Kontakt

Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie

Prof. Dr. Uwe Deppenmeier

Universität Bonn

Meckenheimer Allee 168, 53115 Bonn

Telefon: +49 (0)228 735590

Telefax: +49 (0)228 737576

Internet: [www.ifmb.uni-bonn.de/forschung/math.-nat.-fakultaet/ag-prof.-deppenmeier](http://www.ifmb.uni-bonn.de/forschung/math.-nat.-fakultaet/ag-prof.-deppenmeier)

#### Projektpartner

Dr. Joachim Clemens, Bonalytic GmbH, Troisdorf

Dipl.-Bioingenieur Thomas Dickhaus, Bioreact GmbH, Troisdorf

Prof. Dr. Peter Dürre, Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, Universität Ulm

Dr. Jürgen Lenz, Senzyme GmbH, Troisdorf

Prof. Dr. Volker Müller, Universität Frankfurt

Prof. Dr. Michael Rother, Technische Universität Dresden

Prof. Dr. Bernhard Schink, Universität Konstanz

Prof. Dr. Ruth Schmitz-Streit, Universität Kiel

Prof. Dr. Wolfgang Streit, Universität Hamburg

#### Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

#### Bildnachweis

Bioreact GmbH, Troisdorf



# MethanoQuant misst die Methanbildung in zweistufigen Biogasanlagen

**BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation**

**Biogasanlagen sind neben Wasserkraftwerken, Solaranlagen und Windkraftanlagen wichtige Erzeuger von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien. Die neue Generation von zweiphasigen Biogasanlagen wandelt im Gegensatz zu herkömmlichen Anlagen zuerst das Substrat in verschiedene organische Säuren, Zuckerverbindungen und Alkohole um. In einem zweiten Schritt werden diese Substanzen dann in Methan abgesetzt. Der Verbund MethanoQuant unter Koordination der Johann Wolfgang Goethe-Universität will die einzelnen Wege der Methanentstehung für verschiedene Reaktoren, Substrate und Prozessführungsregime im Gesamtprozess einer zweiphasigen Biogasanlage ermitteln. Der Schwerpunkt der Grundlagenforschung liegt auf der Identifizierung bisher nicht erfasster Stoffströme, die für etwa die Hälfte der Methanproduktion verantwortlich sein sollen. Ein besseres Verständnis für die Entstehung von Methan ist entscheidend für die Optimierung von zweiphasigen Biogasanlagen.**

Die anaerobe Fermentation besteht aus vier aufeinander folgenden biologischen Phasen: Hydrolyse, Acidogenese, Acetogenese und Methanogenese. Bei zweiphasigen Biogasanlagen hatten Forscherinnen und Forscher angenommen, dass die Hydrolyse und die Acidogenese in der ersten Stufe (Hydrolysestufe) und die Acetogenese sowie die Methanogenese in der zweiten Stufe (Anaerobfermenter) ablaufen. Eine genaue Untersuchung der erhobenen Messdaten hat jedoch gezeigt, dass tatsächlich etwa ein Drittel der Acidogenese im Anaerobfermenter passiert, und dass sie nicht, wie ursprünglich angenommen, vollständig in der Hydrolysestufe stattfindet. Hinzukommt, dass das Methanbildungspotential aller erfassten organischen Säuren zusammen lediglich 50 bis 60 Prozent des tatsächlich produzierten Methans beträgt. Knapp die Hälfte des produzierten Methans im Anaerobfilter entsteht demnach aus Bestandteilen in der Prozessflüssigkeit, die bisher nicht erfasst und näher untersucht wurden.



Wissenschaftler der Universität Hohenheim beim Aufbau der MethanoQuant-Versuchsanlage

Das Verbundprojekt will die Wege der Methanentstehung in der Methanstufe eines zweistufigen Biogasreaktors im Einzelnen untersuchen und hierzu gültige mathematische Modelle entwickeln und anwenden. So sollen neben den bisher berücksichtigten Reaktionswegen über organische Säuren und durch die Rekombination von Kohlendioxid und Wasserstoff weitere Entstehungswege untersucht, analysiert und modelliert werden.

Ziel dieses Projektes ist es, die Bestandteile in der Prozessflüssigkeit im Anaerobfilter zu identifizieren, welche für die Methanbildung verantwortlich sind. Dafür kommen insbesondere die Ausgangsstoffe der Acidogenese in Frage. Dazu gehören Zucker (Glycerin, Stärke, Zellulosen, Hemizellulosen, Pektine etc.) Alkohole und Lipide. Diese Stoffe könnten Grundlage für die Entstehung von Methan in der zweiten Stufe sein. Es steht auch im Fokus, wie sich die verschiedenen Wege der Methanbildung wechselseitig beeinflussen und welche Auswirkungen unterschiedliche Substrate haben.

Die beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wollen das detaillierte Verständnis der biochemischen Prozesse in Biogasanlagen fördern. Das ist für die Auslegung, Steuerung und Optimierung von Biogasanlagen entscheidend.



Im Hintergrund sind ein 50-60 Liter Hydrolysatspeicher und ein 30 Liter Anaerobfilter mit angeschlossener zehn Liter Methanspeiche zu sehen (links unten). Davor steht eine Online-Messtechnik mit eingebauten Sonden.

#### **Fördermaßnahme**

BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

#### **Projekttitel**

Quantifizierung der Wege zur Methanbildung in zweistufigen Biogasanlagen – MethanoQuant

#### **Laufzeit**

01.11.2012 – 30.04.2016

#### **Förderkennzeichen**

03SF0423

#### **Fördervolumen des Verbundes**

ca. 1,7 Millionen Euro

#### **Kontakt**

Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main  
Goethe-Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen

Prof. Dr. Gabriel Wittum

Kettenhofweg 139

60325 Frankfurt am Main

Telefon: +49 (0)69 798 25259

Telefax: +49 (0)69 798 25258

E-Mail: gabriel.wittum@gcsc.uni-frankfurt.de

#### **Projektpartner**

Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main,  
Goethe-Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg,  
Fakultät für Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik,

Institut für Umwelttechnik

Universität Hohenheim, Landesanstalt für Agrartechnik und

Bioenergie

#### **Internet**

[www.biogas-network.de/methanoquant](http://www.biogas-network.de/methanoquant)

#### **Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

#### **Redaktion und Gestaltung**

Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

#### **Bildnachweis**

Uni Hohenheim/Winkler, Brandenburgische Technische  
Universität Cottbus-Senftenberg



# Stabilität und Effizienz von Biogasanlagen mit einem physiologischen Bypass erhöhen

## BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation

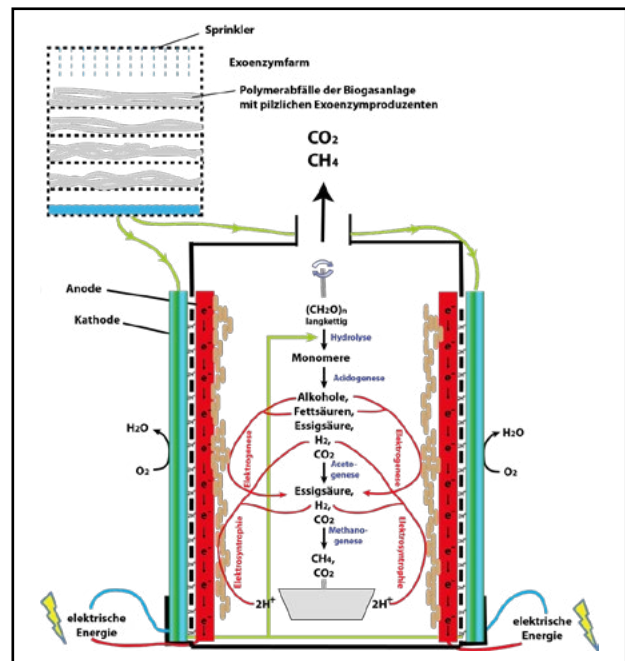
**Biogas ist eines der bedeutendsten Standbeine der Bioenergiegewinnung in Deutschland. Es ist die Energiequelle für mehr als 50 Prozent der aus Biomasse erzeugten elektrischen Energie in der Bundesrepublik. Die biochemische Konversion von Biomasse zu Biogas ist ein komplexer Vorgang, der eine vielfältige mikrobielle Lebensgemeinschaft voraussetzt. Die Komplexität dieser mikrobiellen Lebensgemeinschaft schließt bisher eine Steuerung des Fermentationsvorgangs weitgehend aus. Neben fehlenden Regelungsmöglichkeiten ist der langsame Aufschluss der Biomasse ein Hindernis.**

Wie die Limitierung bei der Biogasproduktion umgangen und Anzeichen für Fehlbedingungen im Fermenter erkannt werden können, wollen Forscherinnen und Forscher vom Karlsruher Institut für Technologie, dem Institut für Photonische Technologien e.V., von der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg sowie der B.R.A.I.N Aktiengesellschaft im Verbundprojekt E S E - BIOGAS herausfinden. Dass der Biogasfermenter kontinuierlich in optimalen Biomasseumsatzraten gehalten wird, bewirken die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit einer neuen Regelungstechnik. Außerdem wollen sie einen schnelleren Aufschluss der Biomasse erreichen, indem sie eine verbesserte und technisch günstige Enzymmischung in den Biogasreaktor geben.

Sammeln sich organische Säuren im Fermenter an, deutet das häufig auf Störungen im Biogasprozess hin. Der pH-Wert sinkt und infolge erschwert oder stoppt die Methanbildung (Methanogenese) – die letzte Phase des vierstufigen Prozesses. Die Biomasse muss in diesem Fall entfernt und der Fermenter neu angefahren werden – ein langwieriger und kostenintensiver Prozess. Daher wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in eine Biogasanlage einen sogenannten physiologischen Bypass einbauen, der aus der Anode einer mikrobiellen Brennstoffzelle besteht. Diese Anode ist zuschaltbar und unterstützt die Oxidation der unerwünschten organischen Säuren. So können störende Verbindungen beseitigt werden. Eine

pH-Wert Erniedrigung wird verhindert, die Methanbildung läuft reibungslos.

Für den schnelleren Aufschluss der Biomasse bauen die Forscherinnen und Forscher einen Reaktor auf, in dem Mikroorganismen vermehrt hydrolytische Enzyme bilden. Sie geben diese neu gewonnenen Enzyme dem Biogasreaktor zu und beschleunigen so den Aufschluss der Biomasse in der ersten Phase, der Hydrolyse. Die Effizienz des Prozesses ist verbessert.

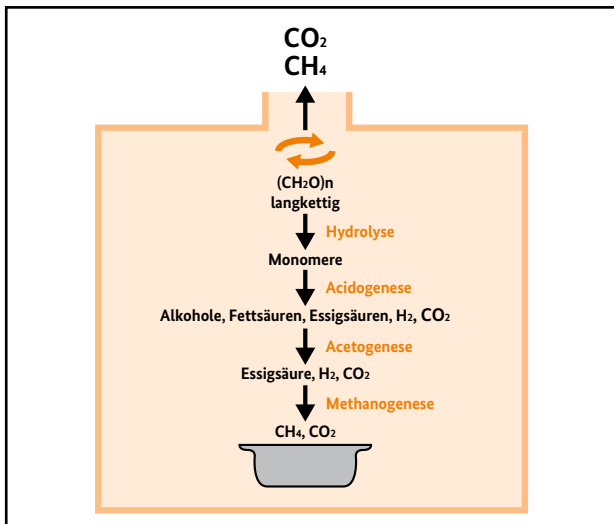


Schematische Darstellung der momentan im Bau befindlichen Elektrobiogasanlage mit zugeschalteter Exoenzymfarm.

Des Weiteren fertigen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine Mikrostrukturtechnik-basierte Biosensorik an, mit der die Abläufe im Fermenter kontrolliert und die Reaktion auf Fehlentwicklungen ermöglicht werden.

Zusammenfassend soll die neue Technologie Leistungs-limitierungen umgehen und eine partielle Regelung der Biogasproduktion mit teilweise direkter Verstromung

der reduzierten Kohlenstoffverbindungen zulassen. Dies würde zwar die Biogasmenge verringern, aber die anfallende Wärmelast einer nachträglichen Verstromung senken.



Stufen des anaeroben mikrobiellen Biomasse-Abbaus in einer Biogasanlage

Das Forschungsprojekt umfasst drei Module.

- In Modul 1 will die Forschergruppe durch die Einbindung einer Anode als Bestandteil einer mikrobiellen Brennstoffzelle das Vorkommen niederer Fettsäuren vermindern und den Reaktionsverlauf der Acetogenese beschleunigen.
- In Modul 2 sollen durch die externe aerobe Anzucht von Pilzkulturen Enzyme produziert werden. Diese Enzyme sollen zur Verbesserung der Elektronenabgabe an der Kathode des Systems sowie zur Hydrolyse von Polymeren im Biogasreaktor dienen.
- In Modul 3 beschäftigen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit dem Monitoring und der Regelung der Abläufe im Fermenter. Die Stabilität der Starterkulturen und exoelektrogener Bakterien soll durch Barcoding erfasst werden. Weiterhin soll eine Lücke in den Möglichkeiten der Sensorik geschlossen werden, indem ein Biosensor für niedere Fettsäuren auf einer Mikrofluidikplattform entwickelt wird. Zuletzt erfolgt über eine Regelung des Anodenpotentials eine Steuerung der Abbauprozesse im Fermenter.

#### Fördermaßnahme

BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

#### Projekttitle

Elektrogenese, Sensorik, und Exoenzym basierte Stabilität- und Effizienz - E S E - BIOGAS

#### Laufzeit

01.07.2012 – 30.06.2016

#### Förderkennzeichen

03SF0424 A-D

#### Fördervolumen des Verbundes

2,7 Millionen Euro

#### Kontakt

Karlsruher Institut für Technologie  
Prof. Dr. Johannes Gescher  
Institut für angewandte Biowissenschaften  
Abteilung angewandte Biologie  
76131 Karlsruhe  
Telefon: +49 (0)721 608-41940  
Telefax: +49 (0)721 608-41941  
E-Mail: johannes.gescher@kit.edu

#### Projektpartner

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für angewandte Biowissenschaften  
Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Mikrosystemtechnik  
Institut für Photonische Technologien e.V.  
B.R.A.I.N Aktiengesellschaft

#### Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

#### Redaktion und Gestaltung

Projekträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

#### Bildnachweis

Karlsruher Institut für Technologie



# Intelligente Sensoren zum Online-Monitoring von Biogasanlagen für Prozessführungsstrategien

## BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation

**Die Bildung von Biogas ist ein hochkomplexer, biotechnologischer Prozess, welcher zu unterschiedlichen Methangasqualitäten und -konzentrationen, vor allem bei verschiedenen Substraten, führen kann. Die Substratqualität limitiert den Wirkungsgrad von Biogasanlagen, da die Fermentation je nach vorhandenem Material unterschiedlich verläuft. Die Parameter, die zu einer gleichmäßigen Biogasausbeute führen, sind kaum belegt. Um eine Effizienzsteigerung von laufenden oder neuen Biogasanlagen zu erreichen, wird zukünftig eine stärkere Einbindung von Mess- und Sensorsignalen in die Anlagensteuerung notwendig.**

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen Faktoren, die die Biogasprozesse beeinflussen. Diese Parameter bilden die Basis für die Entwicklung intelligenter Sensorsysteme zur Prozessüberwachung und -steuerung. Am Produktionsort können dann optimale Bedingungen für die Prozessstabilität eingestellt werden. Gaserträge von Biogasanlagen verbessern sich.

Das Forschungsprojekt untergliedert sich in zwei Teilprojekte. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Teilprojekt eins passen technisch bereits weit entwickelte Sensorsysteme auf die Bedingungen in Biogasanlagen an und entwickeln daraus ein Konzept zur Prozessüberwachung. Forscherinnen und Forscher in Teilprojekt zwei untersuchen grundlegende Fragestellungen speziell zur Bildung von schwefelorganischen Verbindungen, weil sie besondere Hinweise auf die mikrobiellen Stoffwechselprozesse in Biogasanlagen liefern können. Ziel ist die Entwicklung neuer Sensorsysteme für diese schwefelorganischen Verbindungen auf der Basis von Metalloxid-Halbleitern.

### Abbildung typischer Prozessverläufe

Prozesswissen in Form von On- und Offline-Daten mit hoher zeitlicher Auflösung zur Abbildung typischer Prozessverläufe ist eine wichtige Voraussetzung zur Optimierung der Biogaserzeugung. Erst auf dieser Basis ist die Entwicklung von robusten und leistungsfähigen Prozessführungsstrategien möglich. In dem Zusammenhang werden Messsysteme für das Online-Monitoring von Biogasanlagen weiterentwickelt und getestet:

- impedanzspektroskopisch arbeitende, elektronische Zungen im Niederfrequenzbereich zur Analyse von Stoffparametern im Substrat
- Mikrowellensensoren für die kontaktlose Bestimmung des Wasser-/ Trockenmasseanteils
- spektroskopische Detektion von organischen Makromolekülen und flüchtigen organischen Fettsäuren in der Flüssig- und Gasphase

Für diese Systeme schaffen die Forscherinnen und Forscher ein softwaregestütztes Auswerteverfahren, welches in der Lage ist, die einzelnen Sensorsignale zu einer gemeinsamen Steuerung zu fusionieren.

### Entwicklung eines schwefelselektiven Sensors

Ein qualitätsbeeinflussender Faktor von Biogas ist die Konzentration von gasförmigem Schwefelwasserstoff, der als Nebenprodukt beim anaeroben Gärprozess entsteht. Durch Kenntnis und Detektion der Gasbildung soll das Fermentationsoptimum, also minimaler Schwefelwasserstoff- und maximaler Methangasgehalt, ermittelt werden.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen hierzu den Zusammenhang zwischen Mikroorganismen-tätigkeit und den schwefelorganischen Verbindungen als Stellgröße bei der Produktion von Biogas.

Um ein detailliertes Verständnis für die biochemischen Prozesse zu schaffen, messen die Forscherinnen und Forscher die schwefelorganischen Verbindungen in Abhängigkeit des ein-gesetzten Substrats und der Prozessparameter. Prozessstörungen, die zur Bildung von Schwefelwasserstoff führen, können so besser vorhergesagt und nach Möglichkeit vermieden werden.

Zu diesem Zweck wird ein selektiver Sensor auf Basis von Metalloxid-Halbleitern zur Detektion schwefelorganischer Zwischenstufen entwickelt, der den Gasbildungsprozess abbilden kann. Die Entwicklung einer solchen innovativen Sensorik kann Prozessveränderungen bei der Herstellung von Biogas schneller erfassen, korrigieren und optimieren.

**Fördermaßnahme**

BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

**Projekttitel**

Online-Prozessanalytik qualitätsbeeinflussender Parameter bei der Biogasproduktion durch intelligente Sensorik - Bio-iSensor

**Laufzeit**

01.10.2012 - 31.03.2016

**Förderkennzeichen**

03SF0425 A-F

**Fördervolumen des Verbundes**

2,6 Millionen Euro

**Kontakt**

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP  
Dr. rer. nat. Andrea Burdack-Freitag  
Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley  
Telefon: +49 (0)8024 643295  
E-Mail: andrea.burdack-freitag@ibp.fraunhofer.de

**Projektpartner**

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP  
Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnologie IGB  
Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT  
DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH  
Pattern Expert  
Institut für Bioprocess- und Analysenmesstechnik e.V.

**Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

**Redaktion und Gestaltung**

Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH



# Bioindikatoren der Biogasfermentation

## BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation

**Die bei der Biogaserzeugung durch Mikroorganismen vollzogenen biochemischen Stoffumwandlungsprozesse sind bislang nur ansatzweise untersucht. Details der Biogas-Mikrobiologie gelten jedoch als Schlüssel für eine weitere technologische Verbesserung der Biogasproduktion. Das Verbundvorhaben BIOGAS-MARKER will molekulare Marker für wichtige Gruppen von Mikroorganismen und Protokolle zu deren Anwendung entwickeln. Diese neuen Detektionssysteme ermöglichen eine verbesserte und zeitnahe Verfolgung der am Biogasprozess beteiligten mikrobiologischen Gemeinschaften und ihrer Entwicklung. Eine Früherkennung und Diagnose von Prozessstörungen in Biogasanlagen wäre damit gegeben.**

Die Mehrheit der landwirtschaftlichen Biogasanlagen wird als mehrstufiger Rührkesselreaktor (completely stirred tank reactor – CSTR) betrieben. CSTR-Systeme sind gut geeignet, um Substrate bis zu ca. 15 Prozent Trockensubstanz zu vergären. Für die Hochdurchsatz-Vergärung von Pflanzenmaterial als überwiegendes oder einziges Substrat wurden in jüngster Zeit zweistufige Systeme mit einer räumlichen Trennung zwischen Hydrolyse und Methanogenese entwickelt. Während CSTR-Systeme größtenteils mesophil bei 37°C betrieben werden, wird für zweistufige Reaktorsysteme eher ein thermophiler Temperaturbereich zwischen 55°C und 60°C bevorzugt. Vorteile der zweistufigen Biomethanisierung sind höhere Abbauraten sowie eine höhere Prozessstabilität.

Im Rahmen dieses Verbundvorhabens betreiben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedene Technikumsanlagen, um Probenmaterial für mikrobiologische Analysen zu gewinnen. Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft legt dabei ihren Fokus auf die Vergärung in CSTR-Systemen. Am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. erfolgt der Betrieb

von zweistufigen Reaktorsystemen. Forscherinnen und Forscher untersuchen in parallelen Ansätzen eine mesophile und eine thermophile Vergärung. Der Betrieb der Anlagen vor Ort ermöglicht die Einstellung optimaler Parameter zur Vergärung der Substrate. Ebenso untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler kritische Prozessbedingungen hinsichtlich typischer Faktoren, wie Raumbelastung, Verweilzeit, Säuregehalt durch Essigsäure und Propionsäure sowie Ammoniakstress als Folge proteinreicher Substrate.



Einstufiger, 30 Liter-Biogasfermenter der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft mit automatischer Gaserfassung und -analyse

Die Forschung geht davon aus, dass folgenden Gruppen von Mikroorganismen eine zentrale Bedeutung beim anaeroben Abbau von pflanzlicher Biomasse sowie landwirtschaftlichen Reststoffen zu Biogas bzw. Methan zukommt: cellulolytische und acidogene Bakterien wie Clostridien, Bacteroidetes, Bacilli, chemoorganotrophe Archaeen, syntrophe, die Intermediate oxidierende Bakterien („Acetogene“), acetoklastische methanbildende Archaeen, hydrogenotrophe methanbildende Archaeen.

Vor diesem Hintergrund entwickelt der Verbund BIOGAS-MARKER molekulare Marker für diese zentralen Gruppen von Mikroorganismen und etabliert Protokolle zu deren Anwendung. Im Einzelnen führen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler folgende Arbeiten aus:

- Prüfung von verschiedenen alternativen Strategien zur Etablierung von molekularen Markern,
- Prüfung der alternativen DNA- und RNA- bzw. cDNA-basierten Nachweise und der jeweiligen Komplementarität zur Bestimmung metabolisch aktiver Zellkonzentrationen,
- Prüfung der Verwendung von Propidiummonoazid (PMA) zum Ausschluss geschädigter Zellen als Alternative zu einem RNA-basierten Nachweis,
- Optimierung der Protokolle zur Präparation der Biomoleküle,
- Etablierung von Assays auf Basis der quantitativen („realtime“) PCR, zum Beispiel für relevante pathogene Bakterien im Prozess,
- Etablierung von Strategien zur Kontrolle des Erfolgs der Präparation und der Nachweisreaktion,
- Identifizierung von Biomarkern und
- Anwendung der entwickelten Assays zur Früherkennung von Prozessstörungen im Technikums- und Praxismaßstab.

#### **Fördermaßnahme**

BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

#### **Projekttitle**

Bioindikatoren der Biogasfermentation – Entwicklung von molekularen Markern und Nachweisverfahren auf Basis der quantitativen (realtime) PCR zum Monitoring von prozessrelevanten Mikroorganismen als Frühwarnsysteme für Prozessstörungen – BIOGAS-MARKER

#### **Laufzeit**

01.04.2013 – 31.03.2016

#### **Förderkennzeichen**

03SF0440 A-E

#### **Fördervolumen des Verbundes**

ca. 1,5 Millionen Euro

#### **Kontakt**

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.  
Dr. Michael Klocke  
Abt. Bioverfahrenstechnik  
Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam  
Telefon: +49 (0)331 5699-113  
Telefax: +49 (0)331 5699-849  
E-Mail: mklocke@atb-potsdam.de

#### **Projektpartner**

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Universität Bielefeld, Centrum für Biotechnologie  
Technische Universität München  
Beuth Hochschule für Technik Berlin

#### **Internet**

[www.biogas-network.de/biogasmarker](http://www.biogas-network.de/biogasmarker)

#### **Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

#### **Redaktion und Gestaltung**

Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

#### **Bildnachweis**

M. Lehbun, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



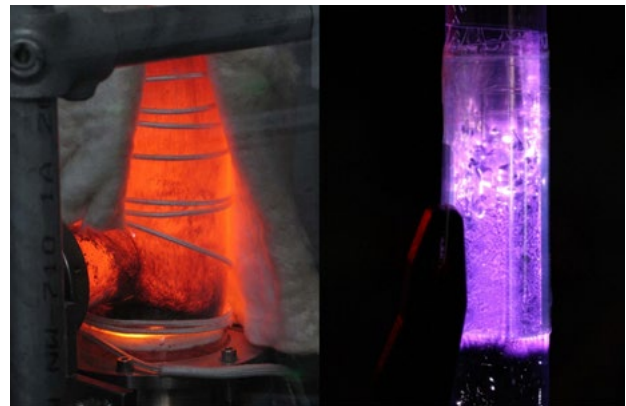
# Qualität von Brenn- und Synthesegasen aus Biomasse verbessern

**Im Zuge einer klimafreundlichen und nachhaltigen Energieversorgung nimmt die Bedeutung erneuerbarer Energien kontinuierlich zu. Die Versorgung mit Elektrizität, Heiz- oder Prozesswärme und alternativen Kraftstoffen sind ihre Einsatzgebiete. Auch sind die Energieumwandlungs- und Speichertechnologien flexibel an die Einspeisung von erneuerbaren Energien anzupassen. Gas gilt im Hinblick auf seine Speicherbarkeit und Nutzungsflexibilität als wichtiges Element, um die unterschiedlichen Einsatzgebiete und Infrastrukturen zu verbinden. Dazu untersucht die Nachwuchsforschungsgruppe TCKON an der Technischen Universität Berlin grundlegende Fragen zur thermochemischen Konversion von Biomasse in Brenn- und Synthesegase. Daneben stehen auch Prozessschritte, in denen die prozessrelevanten Gase gebildet werden, im Mittelpunkt der Arbeiten.**

Im Gegensatz zu Elektrizität aus Sonne und Wind ist Biomasse Teil des natürlichen Kohlenstoffkreislaufs. Sie steht zwar nur begrenzt zur Verfügung, kann aber flexibel in eine Reihe von Energieformen und Energieträgern konvertiert werden. Wie kann also die Gasqualität so verbessert werden, dass Gas mit hohem Brennwert oder geeignete Gasgemische für die Synthesen von Kohlenwasserstoffen, wie Methan, Alkohole und Kraftstoffe, gewonnen werden kann?

Die Nachwuchsforschungsgruppe untersucht verschiedene Ansätze, wie durch innovative Methoden oder durch Substanzen des Brennstoffs selbst, Gasqualitäten zur Verfügung gestellt werden können, die an eine Infrastruktur für erneuerbare Energien angepasst sind. Um die Qualität zu überwachen, werden auch neuartige Ansätze zum Gasmonitoring untersucht, die den Konversionsprozess steuern und regeln. Zusammenfassend sorgen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für mehr grundlegendes Prozessverständnis und entwickeln Ansätze, wie die Gasqualität beeinflusst werden kann sowie eine Sensorik zu ihrer Überwachung.

Besonderes Augenmerk legen die Forscherinnen und Forscher auf die im Wandlungsprozess entstehenden Neben- und Zwischenprodukte, wie Holzkohle, Koks und Teer, die im Brennstoff befindlichen Alkalien bzw. Erdalkalien, wie Kalium, Calcium und Magnesium, sowie Verbindungen mit weiteren Elementen, beispielsweise Schwefel, Stickstoff und Chlor. Davon wirken einige Komponenten störend, andere hingegen könnten im Wandlungsprozess selbst oder in nachgelagerten Prozessschritten zur Verbesserung der Gasqualität führen.



Wirbelschicht im Vergasungsbetrieb mit Biomasse (links) und Wirbelschicht aus Holzkohle mit nicht-thermischem Plasma (rechts).

Kernstück der Untersuchungen ist das feste, kohlenstoffreiche Zwischenprodukt Koks, seine Reaktionen mit den Zwischenprodukten sowie den Gasspezies, vor allem in Wirbelschichtprozessen. Dazu führen die Forscherinnen und Forscher grundlegende Analysen zum Reaktionsverhalten, zur Veränderung der porösen Struktur und den damit verbundenen Eigenschaften durch.

Außerdem wird die Reaktivität des Brennstoffs im Vergasungsprozess untersucht. Der Reaktionsfortschritt wird unter anderem durch Alkalien beschleunigt – ein Effekt der gezielt genutzt werden soll. Weiterhin wird der Einfluss auf das Reaktionsgeschehen durch nicht-thermisches Plasma betrachtet – eine Wechselwirkung mit freien Elektronen aus Hochspannungselektroden und Gasmolekülen und -Ionen, die in dieser Prozesskonstellation bislang kaum untersucht wurde.

In weiterführenden Arbeiten nutzt die Nachwuchsforschungsgruppe gezielt weitere Kokseigenschaften aus, wie die große Oberfläche zur Adsorption von Stoffen im Prozess selbst oder in nachgelagerten Prozessschritten. Sie führen Versuche zur Aktivierung von prozesseigenen Holzkohlen und zur Sorption von Problemstoffen durch. Die gezielte Ausnutzung prozesseigener Zwischenprodukte könnte zu einem effizienten, umweltfreundlichen Gesamtprozess führen.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt ist die Sensorik. Mit Hilfe der Gasphasenspektroskopie wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Fortschritte in der schnellen Analytik der Vielstoffgemische in den heißen Prozessgasen erzielen. Ziel ist es, ein robustes und im industriellen Umfeld einsatzfähiges Messsystem zum Monitoring der kondensierbaren Organik und damit zur Beurteilung der Prozesse zu entwickeln.

**Fördermaßnahme**

Förderung im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung (BioProFi)

**Projekttitel**

Grundlegende Untersuchungen und gezielte Beeinflussung heterogener Reaktionen in der thermochemischen Konversion von Biomasse und robustes, kontinuierliches online-Monitoring der Organikfracht in der Gasphase - Nachwuchsgruppe TCKON

**Laufzeit**

01.10.2012 – 30.09.2017

**Förderkennzeichen**

03SF0442

**Fördervolumen des Verbundes**

ca. 3 Millionen Euro

**Kontakt**

Technische Universität Berlin  
Dr.-Ing. York Neubauer  
Institut für Energietechnik  
Fachgebiet Energieverfahrenstechnik und Umwandlungstechniken regenerativer Energien  
Fasanenstr. 89, 10623 Berlin  
Telefon: +49 (0) 30 314 24362  
Telefax: +49 (0) 30 314 22157  
E-Mail: york.neubauer@tu-berlin.de

**Internet**

[www.ezur.tu-berlin.de](http://www.ezur.tu-berlin.de)

**Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

**Redaktion und Gestaltung**

Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

**Bildnachweis**

Y. Neubauer/ P. Schröder, Technische Universität Berlin



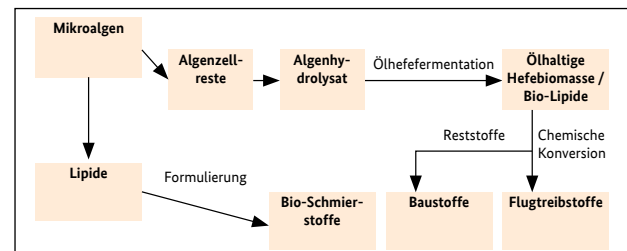
# Integrierte Verwertungskette wandelt Algenbiomasse in nachhaltige Flugtreib-, Schmier- und Baustoffe um

## BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation

Durch die weltweite Verknappung fossiler Ressourcen sucht die Industrie nachhaltige und kohlendioxid-einsparende Produktionsverfahren für chemische Grund- und Kraftstoffe. Der marktgetriebene Entwicklungsdruck für nachhaltige Kraftstofflösungen besteht besonders in der Luftfahrtindustrie, die ein stetiges Wachstum verzeichnet. Für das Jahr 2020 kann bei konstanten Wachstumsraten ein jährlicher Kraftstoffbedarf von rund 400 Millionen Tonnen für die gesamte Flotte erwartet werden. Dieser Kraftstoff muss – zumindest teilweise – aus nachhaltigen Prozessen gewonnen werden. Ein ähnliches Szenario wie im Flugverkehr zeichnet sich auch in der Schmierstoffindustrie ab. Hier hat das eminente Ende der Petroleum-basierten Rohstoffbasis bereits eine innovative Welle von nachhaltigen Produktentwicklungen auf Basis pflanzlicher Öle induziert, deren Nutzung jedoch in Konkurrenz zur Nahrungsmittelindustrie erfolgt. Vor diesem Hintergrund streben die Wissenschaftler im Vorhaben Advanced Biomass Value an, eine integrierte Verwertungskette zu entwickeln, die Biomasse auf Basis von Algen und Hefen in nachhaltige Flugtreib-, Schmier- und Baustoffe umwandelt.

Ziel der neun Projektpartner unter Leitung des Fachgebiets Industrielle Biokatalyse der Technischen Universität München ist es, Algenbiomasse stofflich sowie energetisch zu nutzen, um nachhaltig zu produzieren: Aus in Algen enthaltenen Lipiden sollen hochwertige Schmierstoffe hergestellt werden. Die restliche Algenbiomasse wird weiterverwendet, um Biokerosin, beispielsweise für die Luftfahrt, zu produzieren. Die bei dieser Produktion anfallenden Reststoffe werden ebenfalls zweckmäßig in CO<sub>2</sub>-adsorbierenden Baustoffen weiterverwertet. Somit entstehen keine Abfälle. Außerdem arbeiten die Wissenschaftler an einer diversifizierten Wertschöpfungskette zur Produktion von Biokerosin, um ein nachhaltiges und ökologisch sinnvolles Wachstum der Luftfahrtindustrie zu gewährleisten.

Das Verbundprojekt Advanced Biomass Value möchte Algen als neue biogene Rohstoffbasis der dritten Generation erschließen und aufwerten. Ein besonderer Vorteil von Algenbiomasse im Gegensatz zu biogenen Reststoffen der zweiten Generation, wie Holz oder Stroh, ist das Fehlen von Lignin, welches die Verwertung herkömmlicher Biomasse erschwert und bisher keiner industriell relevanten Nutzung zugeführt werden konnte. Die photoautotrophe Algenkultivierung ist ein vielversprechender Ansatz zur Umwandlung des Treibhausgases Kohlendioxid in industrielle Wert- und Kraftstoffe. Im Vergleich zu Landpflanzen zeichnen sich photosynthetische Mikroalgen durch einen zehn- bis einhundertfach höheren Biomassertrag pro Anbaufläche aus. Algenbiomasse enthält außerdem hohe Konzentrationen von industriell relevanten Wertstoffen, wie Lipiden.



Advanced Biomass Value-Konzept: Integrierte Bi Raffinerie ohne Reststoffströme

In dem Projekt Advanced Biomass Value werden diese Lipide aus Mikroalgen extrahiert und als hochwertige funktionale Schmierstoffe stofflich genutzt. Die niederwertige Algenrestbiomasse wird mittels enzymatischer Verfahren aufgeschlossen und über eine Ölhefefermentation zu Ölhefebiomasse umgesetzt. Dadurch sinkt der Proteinanteil deutlich. Dieses Verfahren hat im Vergleich zur thermokatalytischen Umsetzung von Algenbiomasse in Biokerosin den Vorteil, dass die Katalysatormaterialien seltener inaktiviert werden. Dies erhöht die Biokerosinausbeute und verbessert die Katalysator-Standzeiten erheblich. Ziel dieses Vorgehens ist eine deutliche Effizienzsteigerung gegenüber den bisher praktizierten Verfahren zur Nutzung der Algenbiomasse.

Die verbleibenden Reststoffströme aus der Biokerosinproduktion sollen als Zuschlagstoffe zur Funktionalisierung von aktiv kohlendioxidbindenden Baustoffen verwendet werden. Das mittels Photosynthese der Mikroalgen aufgenommene CO<sub>2</sub> wird damit teilweise in Baustoffen gebunden und entweicht nicht in die Atmosphäre.

In einer Lifecycle-Analyse werden die Schritte zur Umwandlung der Biomasse in Hinblick auf eine maximale molekulare und energetische Effizienz hin überprüft und dann optimiert. Indem CO<sub>2</sub> für die Produktion von Flugkraft-, Schmier- und neuartigen Baustoffen genutzt wird, wird die Klimabilanz des Gesamtprozesses verbessert. Die Synergien zwischen energetischer und stofflicher Nutzung ermöglichen es, nachhaltige Produktlösungen mit positiver Energie- und Klimabilanz in einem geschlossenen Stoffkreislauf herzustellen.

**Fördermaßnahme**

BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

**Projekttitel**

Advanced Biomass Value

**Laufzeit**

01.06.2013 – 31.05.2016

**Förderkennzeichen**

03SF0446A-G

**Fördervolumen des Verbundes**

4,9 Millionen Euro

**Kontakt**

Prof. Dr. Thomas Brück  
Technische Universität München  
Fakultät für Chemie; Fachgebiet Industrielle Biokatalyse  
Lichtenbergstraße 4, 85748 Garching  
Telefon: +49 (0)89 289 13259  
E-Mail: brueck@tum.de

**Projektpartner**

Bauhaus Luftfahrt e.V.  
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald - Lehrstuhl für Pharmazeutische Biologie  
European Aeronautic Defence and Space Company  
Deutschland GmbH (EADS)  
Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH  
NATECO2 GmbH & Co KG  
Technische Universität München - Fachgebiet Industrielle Biokatalyse  
Technische Universität München - Lehrstuhl Chemie Biogener Rohstoffe, Abt. Biochemie und Enzymologie  
Technische Universität München - Lehrstuhl für Technische Chemie II  
Technische Universität München - Lehrstuhl für Bioverfahrenstechnik

**Internet**

[www.ibbnetzwerk-gmbh.com/de/sub-netzwerke/advanced-biomass-value/uebersicht](http://www.ibbnetzwerk-gmbh.com/de/sub-netzwerke/advanced-biomass-value/uebersicht)

**Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

**Bildnachweis**

Technische Universität München - Fachgebiet Industrielle Biokatalyse



# Physiologische Zustände von Bakterienzellen in Biogasprozessen erfassen

## BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation

**Biogasanlagen sind in der Regel nicht mit einer geeigneten Sensorik ausgestattet. Insbesondere die wichtige Flüssigphase kann dadurch nur unzureichend beobachtet werden. Neue Sensoriklösungen erarbeitet jetzt das Projekt ELOgas unter Koordination der Technischen Universität Berlin. Dazu charakterisieren Forscherinnen und Forscher den physiologischen Zellzustand mit einer neuen Messmethode und entwickeln Lanzen-basierte Multiparametersensoren, um auch direkt im Kern der Flüssigphase zu messen. Diese Mikrosensoren werden in die Lanzenköpfe integriert und mit Funktechnik kombiniert, um die Technik variabel einzusetzen und so Störungen frühzeitig erkennen zu können. Der Einsatz dieser neuen Sensorik soll bei flexibler Substratnutzung zu einem stabilen Betrieb der Biogasanlage führen.**

Im Verbundprojekt ELOgas wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein neuartiges Messverfahren zur Bestimmung der Polarisierbarkeit von Bakterienzellen für den Einsatz in Biogaskulturen weiterentwickeln. Die Polarisierbarkeit der Zellen ist ein indirektes Maß für ihre Vitalität, die Rückschlüsse auf die Bedingungen im Reaktor zulässt. Zellen werden einem elektrischen Feld ausgesetzt. Daraufhin wird die Änderung ihrer Orientierung gemessen. Dabei kommt die Methode im Gegensatz zu anderen, bereits etablierten Methoden ohne aufwendige Zellfärbung und Probenpräparation aus. Sie eignet sich neben dem Laboreinsatz auch für den Einsatz direkt an der Biogasanlage.

Für die kontinuierliche Überwachung des Bakterienzustandes bereiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Proben an die hohen Anforderungen der Probenzusammensetzung aus Biogasanlagen vor und automatisieren die Arbeit schrittweise. Das Messverfahren ist dann in der Lage, den Zustand von Bakterienzellen schnell und genau zu erfassen. Sie untersuchen, inwiefern die Messung Rückschlüsse auf die Stoffwechselaktivität der Zellen und damit die Verwendung der Methode als Optimierungswerkzeug zulässt.



Lanzensteckmodule zur Messung und Probenahme im Kern der Flüssigphase von Biogasanlagen

Um den optimalen Probenentnahmeort für die Vitalitätsmessung zu finden und zu charakterisieren, setzen die Forscherinnen und Forscher eine Lanze zur sensorischen Echtzeit-Bestimmung von Prozessparametern im Reaktor ein. Sie reicht mehrere Meter in den Kern der Flüssigphase und kann in verschiedenen Höhen messen. Die integrierten Mikrosensoren des Kurt-Schwabe-Instituts ermitteln dabei den pH-Wert, das Redoxpotential und die Temperatur. Mit einem Lanzen-Durchmesser von nur 35 Millimeter nimmt die Lanze in vier verschiedenen Tiefen gleichzeitig Proben.

Eine integrierte kabellose Datenübertragung sichert die Echtzeit-Messung der Parameter und die Übertragbarkeit der Daten zu EDV-Systemen an industrielle Anlagen. Die Herausforderung besteht dabei darin, ausreichend lange Standzeiten der Mikrosensoren zu erzielen, um den Aufwand für Reinigung und Kalibrierung zu minimieren und gleichzeitig die Messgenauigkeit zu gewährleisten.



EloTrace – automatische Probenvorbereitung und elektrooptische Messung von Bakterienkulturen

Schließlich entsteht aus Lanzen zur Probennahme und der Messung von Umgebungsparametern in Kombination mit der Messmethode zur Vitalitätsbestimmung eine neue, portable Analyseplattform. Diese neue Methode untersucht erstmals orts- und anlagenspezifisch zell-physiologische Eigenschaften von Bakterien in Biogasprozessen. Durch die zeitgleiche Probennahme lokalisieren die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an mehreren Stellen relevante Gradienten und identifizieren für das Monitoring besonders geeignete Orte, zum Beispiel solche, die schlecht durchmischt sind.

**Fördermaßnahme**

BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

**Projekttitel**

Ein portables Konzept zur elektrooptischen Erfassung physiologischer Zustände von Bakterienzellen in Biogasprozessen – ELOgas

**Laufzeit**

01.08.2013 – 31.07.2016

**Förderkennzeichen**

03SF0455

**Fördervolumen des Verbundes**

ca. 1 Million Euro

**Kontakt**

Technische Universität Berlin  
Fachgebiet Bioverfahrenstechnik  
Prof. Dr. Peter Neubauer, Dr.-Ing. Stefan Junne  
Institut für Biotechnologie  
Ackerstrasse 76 ACK 24  
13355 Berlin  
Telefon: +49 (0)30 314 72573 oder -72527  
Telefax: +49 (0)30 314 27577  
E-Mail: peter.neubauer@tu-berlin.de

**Projektpartner**

Technische Universität Berlin  
Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (ISAP)  
Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik e.V.  
EloSystems GbR  
teleBITcom GmbH

**Internet**

[www.bioprocess.tu-berlin.de](http://www.bioprocess.tu-berlin.de)  
[www.bioproscale.eu](http://www.bioproscale.eu)

**Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

**Redaktion und Gestaltung**

Projekträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

**Bildnachweis**

Technische Universität Berlin, EloSystems GbR



# Modellbasierte Prozesssteuerung von Biogasanlagen

## BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation

**Nach Ansicht vieler Expertinnen und Experten werden viele der mehr als 7.700 Biogasanlagen in Deutschland nicht optimal betrieben. Ein schwankender Biogas-ertrag und ein unvollständiger Substratabbau sind dafür die Kennzeichen. Häufig kommen die biologischen Abbauprozesse sogar vollständig zum Erliegen. Bisher gibt es keine zuverlässigen, einfach zu messenden Indikatoren mit denen frühzeitig Störungen während der komplexen biologischen Abbauprozesse erkannt werden. Parameter, wie der pH-Wert im Reaktor oder hohe Konzentrationen von Ammoniak oder Schwefelwasserstoff, zeigen eine Störung erst an, nachdem sie schon so weit fortgeschritten ist, dass Verluste in der Biogasproduktion nicht mehr zu vermeiden sind. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Vorhaben MOST entwickeln jetzt eine zuverlässige, leicht anwendbare Prozessmess- und Prozesssteuerungstechnik, die unter anderem auf mathematischen Modellen der Abbauprozesse basiert.**

Das Verbundvorhaben unter der Koordination der Hochschule Hamm-Lippstadt besteht aus fünf Teilprojekten, die von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Forschung und Industrie bearbeitet werden. Ziel ist die Entwicklung eines kompakten Messgeräts mit multiplen, parallel arbeitenden, austauschbaren Sensoren für die Biogas-Analyse. Ferner gilt es, ein geeignetes Membranverfahren, mit dem ein Sensormessgerät auch an der Flüssigphase eingesetzt werden kann, anzufertigen. Langfristig könnten Anbieter Biogasanlagen mit einem solchen Messgerät als günstiges Serienmodell ausrüsten, um die Betriebssicherheit in Anlagen zu verbessern.

Dafür sammeln Forscherinnen und Forscher zuerst durch Literaturstudien und Laborexperimente Informationen über biologische Reaktionen und Abbausequenzen in methanogenen Mischkulturen. Daraus leiten sie relevante Messparameter ab, die einer modellbasierten Prozesssteuerung dienen. Außerdem sollen Mikroorganismen identifiziert werden, die als Leitorganismen für eine Populationsanalyse zur Prozessüberwachung eingesetzt werden können.

Für diese identifizierten Messparameter wird danach die geeignete Sensortechnik für das Biogas entwickelt. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wählen geeignete Messprinzipien und existierende Sensoren aus und optimieren diese. Darüber hinaus erproben sie auch neue Sensoren.



Der Verbund MOST entwickelt eine leicht anwendbare Prozessmess- und Prozesssteuerungstechnik für Biogasanlagen.

Ziel des nächsten Arbeitsschrittes ist die Entwicklung eines standardisierten Systems von Populationsanalysen für die Mikroflora von Biogasanlagen auf Basis von Genomanalysen und Proteomanalysen. Außerdem soll die ermittelte Zusammensetzung der Mikroflora mit den mathematischen Modellen sowie den Praxistests und Sensormessdaten korreliert werden. Basis für die Populationsanalysen sind zunächst bekannte DNA-Sequenzen, Primer und Proteinmuster. Sollten bisher unbekannte Mikroorganismen eine Rolle in bestimmten methanogenen Mischkulturen spielen, können in Zusammenarbeit über die Populationsanalyse auch neue anaerobe Reinkulturen isoliert werden.

Ein Mess-, Steuerungs- und Regelungsverfahren mit Hilfe der neuen Sensorik soll auf der Basis eines zuverlässigen und effizient numerisch berechenbaren mathematischen Modells der biologischen Abbauprozesse geschaffen werden. Auf der Grundlage dieses Modells können optimale Betriebspunkte identifiziert werden, die Prozesssteuerungsroutinen entwickeln und schließlich

Fehlfunktionen vermeiden. Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, ein solches Prozessmodell einschließlich dessen effizienter Simulation anzubieten. Neben der Anlagenauslegung und Identifikation von Regelungs- und Steuerungsmechanismen ermöglicht dieses Prozessmodell ein vertieftes Verständnis der Abbauprozesse. Es trägt so zum Aufbau einer Wissensbasis bei, die die Biogastechnologie verbessern könnte.

Mit Hilfe von Experimenten ermitteln die Forscherinnen und Forscher Daten zum anaeroben Abbau von definierten Modellsubstraten im Labormaßstab. In Praxistests im Technikumsmaßstab bis zu 100 Litern Reaktorvolumen werden sowohl die Sensortechnik als auch die mathematischen Modelle überprüft.

**Fördermaßnahme**

BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

**Projekttitel**

Modellbasierte Prozesssteuerung von Biogasanlagen – MOST

**Laufzeit**

01.10.2013 – 30.09.2016

**Förderkennzeichen**

03SF0456 A-D

**Fördervolumen des Verbundes**

ca. 2,6 Millionen Euro

**Kontakt**

Hochschule Hamm-Lippstadt  
Prof. Dr. Dieter Bryniok  
Marker Allee 76-78  
59063 Hamm  
Telefon: +49 (0)32381 8789 408  
E-Mail: dieter.bryniok@hshl.de

**Projektpartner**

Hochschule Hamm-Lippstadt, Department Hamm 1  
Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB  
CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH  
BlueSens gas sensor GmbH  
Helmut-Schmidt-Universität, Universität der Bundeswehr  
Hamburg, Fakultät für Elektrotechnik

**Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

**Redaktion und Gestaltung**

Projekträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH



# Multi-Produkt-Organismen für mikroalgenbasierte Bioraffinerie-Konzepte

**Mikroalgen sind aufgrund ihres breiten und auch wirtschaftlich attraktiven Produktspektrums für die Biotechnologie relevant. Insbesondere die Fähigkeit von einigen Algenarten, nicht nur ein Produkt, sondern zwei oder sogar mehrere marktrelevante Produkte parallel zu synthetisieren, machen sie als Produktionsorganismen im Sinne eines Bioraffinerie-Ansatzes interessant. Die Algenkultivierung in Photobioreaktoren steht aber noch am Anfang ihres eigentlichen Potentials. Eine vollständige und zugleich wirtschaftlich attraktive Wertschöpfungskette, also von der Isolierung von Hochwertprodukten bis hin zur Herstellung von Energieträgern, wie Kraftstoffe, gibt es bislang noch nicht. Unterschiedliche Konversionsrouten für eine lohnende Produktion von Rohstoffen aus Mikroalgen wollen die Forscherinnen und Forscher im Projekt ALBIRA an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg entwickeln. Es gilt belastbare Eckdaten in einem halbertechnischen Maßstab für eine Vollverwertungskette zu sammeln. Daraus könnten in einem Schritt Erzeugnisse für die Kosmetik- und Lebensmittelindustrie, technische Öle, Futtermittelzusätze oder Düngemittel gewonnen werden.**

Mikroalgen werden in etablierten Verfahren als bioaktive Kosmetikzusätze und zur Herstellung von Nahrungsergänzungsmitteln, Lebensmittelfarbstoffen und Aquakulturfuttermitteln genutzt. Im Gegensatz zu den bereits bestehenden Verfahren, die sich allein auf ein Produkt festlegen, fokussiert sich das Projekt ALBIRA darauf, eine Algenart zu finden, die mehrere Produkte zugleich produziert. Das Ziel ist, durch die Verwertbarkeit aller Nebenprodukte eine wirtschaftliche und vollständig algenbasierte Wertschöpfungskette zu entwickeln. Das optimiert nicht nur die sogenannte Ökobilanz (Life Cycle Assessment – LCA) – eine Bilanz von Umweltwirkungen eines Produktes während der gesamten Herstellung – sondern auch die ökonomische Bilanz.

Um dies zu erreichen, sollen bei der Erzeugung der Algenbiomasse industrielle Reststoffströme, wie Verbrennungsabgase als Kohlendioxidquelle und Gärreste aus Biogasanlagen als Nährstoffe genutzt werden. Zudem soll die energetische Verwertung der nach der Hochwertproduktisolation verbleibenden Restbiomasse untersucht werden. Die Ergebnisse sollen zurzeit fehlende Grundlagendaten liefern, um ökonomisch und ökologisch sinnvolle Verfahren und Prozesse auf Basis von Mikroalgen im industriellen Maßstab zu projektieren.



Photobioreaktoren vom Typus Photobioreaktor-Screening-Modul (PSM)

Vor diesem Hintergrund wählen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen Algenstamm aus, der hinsichtlich seines breiten Produktspektrums, hohen Produktausbeuten sowie der industriellen Produktion besonders geeignet ist. Hierfür untersuchen sie neben bereits bekannten Algen auch in Südkorea isolierte Algenstämme. An diesen Algenstamm passen sie in einem weiteren Schritt das sogenannte Downstream Processing an, in dem die relevanten Produkte abgetrennt werden. Es gilt einen Prozess zu entwickeln, um möglichst viele Produkte gleichzeitig herzustellen.

Darüber hinaus optimieren die Forscherinnen und Forscher auch den Gesamtprozess hinsichtlich der maximalen Wertschöpfung. Dabei steht die nachhaltige Erzeugung von Algenbiomasse unter Nutzung von Sonnenlicht und der Reststoffströme, wie Kohlendioxid aus Rauchgas und nährstoffhaltige Gärreste aus Biogasanlagen, im Fokus. Begleitend erfolgt die Kultivierung in Freilandanlagen im Technikumsmaßstab.



Kultivierung von Mikroalgen unter Freilandbedingungen im Technikumsmaßstab

Ein weiterer Schwerpunkt des Projektes liegt auf dem Vergleich verschiedener Reaktortypen und ihrer Verbesserung mittels der numerischen Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics - CFD). Das ist eine etablierte Methode mit der Bewegungen, beispielsweise von Fluiden, mit numerischen Methoden gelöst werden.

#### **Fördermaßnahme**

Förderung im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung (BioProfi)

#### **Projekttitel**

Grundlagen für mikroalgenbasierte Bioraffinerie-Konzepte – ALBIRA

#### **Laufzeit**

01.10.2013 – 30.09.2016

#### **Förderkennzeichen**

03SF0457

#### **Fördervolumen des Verbundes**

ca. 1 Million Euro

#### **Kontakt**

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Prof. Rainer Buchholz, Dr. Stephanie Stute  
Lehrstuhl für Bioverfahrenstechnik  
Paul-Gordan-Straße 3  
91052 Erlangen  
Telefon: +49 (0)9131-85-23003  
E-Mail: sekretariat@bvt.cbi.uni-erlangen.de

#### **Projektpartner**

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg,  
Lehrstuhl für Bioverfahrenstechnik  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl  
für Bioverfahrenstechnik und Lehrstuhl für Strömungs-  
mechanik, Campus Busan, Korea  
E.ON Hanse AG  
Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für  
Umwelttechnik und Energiewirtschaft  
Subitec GmbH

#### **Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

#### **Redaktion und Gestaltung**

Projekträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

#### **Bildnachweis**

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg,  
E.ON Hanse AG



## Algen für eine nachhaltige Luftfahrt

**Mobilität ist ein wichtiger Bestandteil des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens. Diese Mobilität, beispielsweise in der Luftfahrt, benötigt Treibstoff, der überwiegend auf dem knapper werdenden Energieträger Erdöl basiert. Hinzukommt, dass die Luftfahrtindustrie ihr Wachstum ab 2020 ohne zusätzliche Emissionen bewältigen und bis 2050 ihren Kohlendioxidausstoß im Vergleich zu 2005 halbieren will. Ab 2025 sollen zehn Prozent des in Deutschland getankten Kerosins aus alternativen Rohstoffen stammen. Mikroalgen könnten mit ihrem Lipidgehalt die Basis für diesen nachhaltigen Treibstoff sowie für weitere Rohstoffe liefern. Im Projekt OptimAL wollen Wissenschaftler-innen und Wissenschaftler die Lipidproduktion von einzelligen Grünalgen erhöhen. Dabei liegt der Fokus auf Algen-Züchtungen, die auch hohe Lichtintensitäten nutzen können, der Modifikation des Photosystems sowie der Anpassung an hohe Kohlendioxidkonzentrationen.**

Trotz guter Voraussetzungen bei den zurzeit verwendeten Algen ist das Potential hinsichtlich Produktivität, Lipidgehalt und Effizienz der Photosynthese noch ausbaubar. Der Züchtungsstand von Algen ist derzeit vergleichbar mit dem der Vorfahren hiesiger Nutzpflanzen vor deren Domestizierung in eine intensive Landwirtschaft. Demnach sind die Umweltbedingungen in den natürlichen Habitaten der Algen sehr weit von den Produktionsbedingungen entfernt, die in modernen Photobioreaktoren herrschen. OptimAL zielt deshalb darauf ab, mit Hilfe von gezielten Modifikationen und gerichteter Evolution Algenstämme für den Einsatz in unterschiedlichen Photobioreaktoren zu optimieren.



Photobioreaktoren im Jülicher Algen-Science-Center

Eine intensive Beleuchtung kann von Algen, die eigentlich auf einen geringen Lichteinfall spezialisiert sind, nicht optimal genutzt werden. Forscherinnen und Forscher setzen demnach den Fokus darauf, dass die Umwandlung von eingetragendem Licht in Biomasse erhöht wird. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Verbesserung des biologischen Systems „Alge“.

Auch wenn Licht ausreichend Energie für die Photosynthese liefert, werden ihre Kapazität und damit der Stoffwechsel der Alge durch intrazelluläre Kohlendioxid- und Sauerstoffkonzentrationen begrenzt. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Projekt OptimAL gehen davon aus, dass Algen ein weit größeres Ertragspotential hätten, wenn ihre Eigenschaften auf das jeweilige Photobioreaktorsystem (PBR) angepasst wären. Die speziellen Lichtbedingungen sowie die Kultivierung im Photobioreaktor bieten Kriterien zur Züchtung einer speziellen Photobioreaktor-Sorte, also einer hocheffizienten Alge.



Kultivierung von Algen auf Petrischalen

Zuerst stellen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine Auswahl an existierenden Photobioreaktoren dar. Danach wenden sie zur Analyse, Selektion und letztlich zur Züchtung innovative Einzelzellansätze und Mikrofluidik-Chips bei Algen an – Verfahren, die gerade erst bei Optimierung und biotechnologischer Produktion von Mikroorganismen (Bakterien) etabliert werden.

**Fördermaßnahme**

Förderung im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung (BioProfi)

**Projekttitle**

Optimierte Algen für eine nachhaltige Luftfahrt - OptimAL

**Laufzeit**

01.02.2014 – 31.01.2017

**Förderkennzeichen**

03SF0465

**Fördervolumen des Verbundes**

1,3 Millionen Euro

**Kontakt**

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Dr. Dominik Behrendt  
IBG-2: Pflanzenwissenschaften  
52425 Jülich  
Telefon: +49 (0)2461 61-3334  
Telefax: +49 (0)2461 61-2492  
E-Mail: d.behrendt@fz-juelich.de

**Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundlagenforschung Energie, 53170 Bonn

**Redaktion und Gestaltung**

Projekträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

**Bildnachweis**

Forschungszentrum Jülich, IBG2