

JAHRESBERICHT 2016



Die Landesanstalt für Agrartechnik & Bioenergie

Auch das Jahr 2016 ist von umfangreichen Aktivitäten der Landesanstalt im Bereich der Biogas- und Bioökonomieforschung geprägt. Dank der umfangreichen Erfahrung aus den vergangenen Jahrzehnten im Themenfeld Biogas und besonders dem ausgeprägten Engagement der Mitarbeiter, konnte die technische Ausstattung der Landesanstalt weiter optimiert und ausgebaut werden. Dies ist sowohl durch die Einwerbung von Drittmitteln als auch durch die Unterstützung der Universität Hohenheim gelungen. Zu den neuesten Errungenschaften gehört ein völlig neu eingerichtetes Biogaslabor. Darin werden Untersuchungen zum Methanertrag in 774 kleinen Biogasfermentern durchgeführt – dem sog. Hohenheimer-Biogas-Ertragstest (HBT). Die Zuverlässigkeit der Ergebnisse wird regelmäßig in Ringversuchen mit anderen namhaften Laboren und Forschungseinrichtungen abgesichert. Für spezielle Fragestellungen sind in diesem Labor auch größere Fermenter verfügbar.



Über Forschungsprojekte im Bereich der Bioökonomie konnte die Forschungsmöglichkeit der Landesanstalt durch den Aufbau einer Containeranlage erweitert werden, die mit 8 Durchflussfermentern für die Wasserstoffmethanisierung ausgestattet ist, die als volldurchmischte Systeme oder aber auch als Festbettreaktoren eingesetzt werden können. Auch im Bereich der Druckmethanisierung konnten wesentliche Erweiterungen vorgenommen werden. Ein Methanisierungssystem arbeitet bis zu einem Betriebsdruck von 100 bar und kann damit die Erzeugung und Aufreinigung des Biogases zu Biomethan in einem einzigen Verfahrensschritt erreichen. Auch die Wasserstoffmethanisierung unter Druck konnte weiterentwickelt und mit speziellen Tricklebed-Fermentern ausgerüstet werden.

An der Versuchsstation Lindenhöfe konnten ebenfalls wesentliche Weiterentwicklungen ausgeführt bzw. weiter geplant werden:

- Die Leistungssteigerung des BHKW auf eine elektrische Leistung von 355 kW_{el} mit der dazugehörigen Erweiterung der Peripherie konnte umgesetzt und in Betrieb genommen werden. Der zukünftig produzierte Strom wird dann zum Teil auch an der Versuchsstation verwertet.
- Ein wichtiges Element, zur vollen Auslastung dieser neuen BHKW-Leistung und zur flexiblen Erzeugung von Biogasstrom, sind die Planungen zum Bau eines modernen, 4.800 m³ großen, mit zusätzlichem Gasspeicher ausgestatteten Gärrestlagers weiter fortgeschritten. Der Bau wird voraussichtlich 2017 fertig gestellt.
- Der Bau von drei speziellen Zuckerrübensilos konnte begonnen werden und wird noch im Frühjahr 2017 fertig gestellt. Damit werden die Forschungsmöglichkeiten zur flexiblen Biogasproduktion aber auch zur Erzeugung von Plattformchemikalien im Praxismaßstab erweitert.

Die Planungen im Umfeld der Forschungsbiogasanlage am Unteren Lindenhof werden hervorragend durch Herrn Dr. Lemmer geleitet. Er wird dank der temporären Unterstützung durch das Rektorat durch Herrn Dr. Nägele und Herrn Dr. Zielonka assistiert. Die hervorragende und äußerst kooperative Zusammenarbeit mit der Versuchsstation Unterer Lindenhof und deren Mitarbeitern konnte weiter fortgesetzt werden.

Die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Quellen konnte in Deutschland in den vergangenen Jahren erfreulicherweise deutlich gesteigert werden. Inzwischen stammen 33 % des verbrauchten Stroms aus erneuerbaren Quellen. Besonders die fluktuierenden Quellen Wind- und Sonnenstrom erfahren einen deutlichen Zuwachs, so dass sich deren Anteil an den erneuerbaren Energien weiter erhöht. Der Anteil von Biogas an der Stromerzeugung stagniert dagegen aufgrund veränderter gesetzlicher Vorgaben. Die fluktuierenden Energiequellen können allerdings nicht zu jeder Zeit den Bedarf befriedigen, da sie nicht ständig verfügbar sind. Biogasstrom könnte hierbei eine bedeutende Schlüsselposition einnehmen, da er als einzige erneuerbare Energiequelle mit größerem Anteil und über längere Dauer in Form des chemischen Energieträgers Biomethan gespeichert werden kann. Gesellschaft und Politik haben bisher diese Schlüsselposition von Biogas leider verkannt und deren weiteren Ausbau gebremst. Die Forschungsarbeiten der Landesanstalt zielen genau auf diese Problematik und werden hierzu weitere Lösungen aufzeigen. Die

Weiterentwicklung von Technologien zur flexiblen Erzeugung von Biogas bzw. Biomethan stehen dabei im besonderen Fokus. Diese werden im praktischen Maßstab vor allem an der Forschungsbiogasanlage vorgenommen. Besonders interessante Ansätze zur flexiblen Biogaserzeugung bieten die zweiphasigen Biogassysteme, z.B. in Festbettreaktoren. Die hierzu im Labor erforschten Verfahrensweisen sind vielversprechend und erfordern eine Erprobung im Praxismaßstab. Im Jahr 2016 wurde mit dem Biogas-Messprogramm III begonnen, an dem die Landesanstalt nun zum dritten Mal mitwirkt. Zusammen mit drei Partnerinstituten (DBFZ Leipzig, CAU Kiel, LFL Weihenstephan) werden insgesamt 60 Praxisbiogasanlagen über mindestens 1 Jahr genau erforscht und dort verfahrenstechnische und ökonomische Daten erhoben und Bilanzierungen vorgenommen. Diese Daten werden den Stand der Technik bei modernen Biogasanlagen aufzeigen und auch zur Politikberatung beitragen.

Durch den Besuch von Wissenschaftlern aus verschiedenen Ländern (Albanien, China, Russland, Ukraine, USA), konnte die wissenschaftliche Zusammenarbeit wesentlich verbessert werden. Hervorzuheben ist die detaillierte Untersuchung zur Biogasausbeute von Energiepflanzen in tropischen Regionen wie z.B. Hawaii. Auch die Nutzung von Nebenprodukten der Nahrungs- und Genussmittelproduktion wie z.B. von Kaffeeproduktionsresten spielt bei einer Kooperation mit Äthiopien eine wichtige Rolle. Durch die Teilnahme an mehreren Workshops in Costa Rica wurde der Stand deutscher Biogastechnologie und deren Ziele aufgezeigt und Vorarbeit für geplante Forschungsprojekte geleistet.

Die Effizienz und die Umweltwirkung von Biogasanlagen stehen seit vielen Jahren im Fokus der Landesanstalt. Im Jahr 2016 fanden Untersuchungen an kommunalen Abfallvergärungsanlagen statt. Mit Hilfe von Untersuchungen zum Restgaspotenzial wurden Schwachstellen ermittelt, um gezielt Verfahrensoptimierungen zu empfehlen. Die Forschung im Bereich der Plattformchemikalien wurde fortgesetzt. Das BMBF-Projekt: Ganzheitliche Optimierung der Biogasprozesskette zur Steigerung der betrieblichen, stofflichen, energetischen und ökologischen Effizienz wurde abgeschlossen. Ein neues BMEL-Projekt zur „Entwicklung effizienter zweiphasiger Biogasanlagen über eine gekoppelte energetische und stoffliche Nutzung nach Abtrennung von Hydrolyseprodukten“ wurde begonnen.

Die Tätigkeit der Landesanstalt wird durch deren Beirat nachhaltig unterstützt, dessen Impulse gerne in Forschungsarbeiten aufgegriffen werden. Traditionell gehören zu den Aufgaben der Landesanstalt die Spezialberatung für Landwirte, die technische Beratung von Unternehmen, sowie die Fortbildungen von Lehr- und Beratungskräften. Die Landesanstalt führt zusammen mit der ALB-Baden-Württemberg, dem Fachverband Biogas, der Renergie Allgäu e.V., den Biogasfachberatern und dem IBBK regelmäßig gemeinsame Tagungen, Workshops und Fortbildungsveranstaltungen und Fachmessebeteiligungen für Landwirte und Betreiber von Biogasanlagen durch. Dabei werden die aktuellen Forschungserkenntnisse unmittelbar der Praxis vermittelt und gelangen so schnell zur Anwendung. Damit erfüllt die Landesanstalt eine wesentliche Aufgabe des Forschungstransfers. Einen erheblichen Teil der Aktivität nimmt inzwischen die Unterstützung der Lehre an der Universität Hohenheim, vorwiegend im Bachelor -Studiengang „Nachwachsende Rohstoffe und Bioenergie“, im entsprechenden Masterstudiengang als auch im Studiengang „Master Agrarwissenschaften“ ein. Hier werden vor allem auch Abschlussarbeiten wie Bachelor, Master- und Projektarbeiten fachlich betreut. Durchschnittlich 20 Studierende sind als wissenschaftliche Hilfskräfte oder über Abschlussarbeiten jährlich in die Forschungsaufgaben der Landesanstalt eingebunden, was für diese eine hervorragende Möglichkeit zur direkten Anwendung des in Vorlesungen erlernten Stoffes bietet und zu einer engen Vernetzung von Forschung und Lehre beiträgt. Die sehr enge Kooperation mit dem Institut für Agrartechnik, insbesondere mit dem Lehrstuhl des Oberleiters, Herrn Prof. Dr. Thomas Jungbluth, stellt sich hierbei als besonders effektiv und erfolgreich heraus.

Mit einem höchst motivierten und engagierten, insgesamt sehr jungen Team stellt sich die Landesanstalt neuen Herausforderungen. Wir greifen gerne Ihre Anregungen auf und sind äußerst offen für eine Kooperation mit Forschungs- und Industriepartnern in Deutschland und weltweit.

Dr. Hans Oechsner
Leiter der Landesanstalt

Entwicklung eines Verfahrens zur fermentativen Konversion von Wasserstoff aus fluktuierenden Quellen zu Biomethan in Biogasanlagen (H₂-Transfer)

Der Bereich „Power to Gas“ gewinnt in der Forschung zunehmend an Bedeutung und könnte zukünftig einen wesentlichen Baustein der „Energiewende“ darstellen. Überschüssiger Strom aus fluktuierenden Quellen wird zu Wasserstoff umgewandelt und nach dessen Methanisierung im Erdgasnetz als chemischem Speicher zwischen gelagert.

Die Methanerzeugung kann sowohl chemisch-katalytisch, als auch auf biologischem Wege in Biogasanlagen vollzogen werden, was im hier vorgestellten Projekt untersucht wird. Hierzu wird der sich im Biogas befindliche Kohlenstoffdioxidanteil ermittelt und die vierfache Menge an Wasserstoff hinzugegeben, um eine vollständige Methanisierung zu erwirken. Die Methanisierung selbst erfolgt durch hydrogenotrophe Methanbakterien, die in jeder Biogasanlage vorkommen. In Folge der CO₂-Umwandlung steigt der Methananteil im Biogas. Falls erforderlich kann dieses Biogas durch eine nachgeschaltete Feinreinigung auf die zur Einspeisung ins Erdgasnetz erforderliche Methankonzentration angehoben werden.

Vier identische 100 Liter-Reaktoren werden mit Substrat gefüttert. Das Volumen des Kohlenstoffdioxids wird online erfasst und das benötigte H₂-Volumen stöchiometrisch berechnet und in den Fermenter eingebracht. Wasserstoff wird mittels Tauchmotor feinblasig in den Fermentern verteilt. Rund 80% des Biogases, das den Reaktor verlässt, wird wieder in den Fermenter eingebracht, um eine höhere Verweilzeit von H₂ und CO₂ – und damit eine bessere Umsetzung – zu gewährleisten. Die Fermenter werden bei 37°C und einer Raumbelastung von 2,6 kg oTS m⁻³ d⁻¹ betrieben. Der pH Wert wird nicht künstlich stabilisiert und ist im Bereich zwischen 7,7 und 8,0.

Halbstöchiometrische Wasserstoffeingassung wurde in einem Vorversuch getestet und ergab eine Methansteigerung um 36,6% und eine Abnahme von CO₂ um 41,1%. Ein Wasserstoffrest von 6,6% konnte ebenfalls gemessen werden. Variationen mit Vollstöchiometrie, thermophilen Temperaturen und höheren Temperaturen werden demnächst getestet.

Das direkte Einbringen von Wasserstoff in einen Biogasreaktor – das so genannte in-situ-Verfahren – ist möglich und eine viel versprechende Power-to-Gas Option. Hierdurch kann ein „Repowering“ einer Großzahl der deutschen Biogasanlagen bewerkstelligt werden.



Containerlabor für Wasserstoffeintragsversuche (Lecker, 2016)



M. Sc. Bernhard Lecker

Dipl.-Ing. agr. Christoph
Serve-Rieckmann

B. Sc. Daniel Riehle

Dr. sc. agr. Hans
Oechsner

Förderung:
Ministerium für Wissen-
schaft, Forschung und
Kunst Baden-
Württemberg
„Bioökonomie-Projekte“

Partner:
DVGW Forschungsstelle
am Engler-Bunte-Institut
(DVGW-EBI), KIT

Laufzeit:
Juni 2014 – Sep. 2017

Verfahrensentwicklung für den Einsatz der biologischen Methanisierung in der zwei-stufigen Biogaserzeugung; Teilvorhaben 1: Untersuchung Festbettfermenter und voll-durchmischer Reaktor (BioHydroMethan)



M. Sc. Lukas Illi

M. Sc. Bernhard Lecker

B. Sc. Daniel Riehle

Dr. sc. agr. Hans
Oechsner

Der geplante Ausbau von Erneuerbaren Energien in Deutschland erfordert beträchtliche Speicherkapazitäten für elektrische Energie, die in dieser Größenordnung nur von chemischen Energieträgern zur Verfügung gestellt werden kann. Die biologische Methanisierung von Wasserstoff im Biogasfermenter ist dabei eine vielversprechende Alternative zur katalytischen Methanisierung.

Im Rahmen des Projektes soll speziell die zweistufige Variante mit separater Hydrolyse und der gezielte Wasserstoffeintrag in der Methanisierungsstufe untersucht werden. Besonderer Vorteil dieses Ansatzes ist, dass das im Biogasprozess entstehende Kohlenstoffdioxid mit Hilfe von hydrogenotrophen Methanogenen fast vollständig zu Methan umgesetzt und mit einem im Vergleich zu herkömmlichem Biogas deutlich geringerem Aufbereitungsaufwand in das Erdgasnetz wie Biomethan eingespeist oder als Kraftstoff verwendet werden kann.

Im Rahmen dieses Verbundvorhabens, das aus drei Teilprojekten besteht, sollen verfahrenstechnische Untersuchungen mit verschiedenen Reaktorausführungen, wie Festbett-, vollaufmischten und Membranreaktoren im Labormaßstab durchgeführt werden. Fundamental ist dabei die Entwicklung einer Technik zum möglichst feinblasigen Eintrag von Wasserstoff in die Fermenterflüssigkeit, um damit eine optimale Versorgung der methanogenen Mikroorganismen zu erreichen. Es wird auch der Einfluss von Blasengröße und -zugabe sowie die Gestaltung des Blasenanstiegs auf die Übergabeeffizienz an die Fermenterflüssigkeit und die methanogenen Mikroorganismen untersucht. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf der Veränderung der Biozönose in den Methanisierungsreaktoren durch Zugabe von Wasserstoff liegen. Durch Messung der Zusammensetzung und Konzentration von flüchtigen Fettsäuren, der Pufferkapazität, des pH-Wertes, der Konzentration der im Fermentersubstrat gelösten Gase und der Qualität der entstehenden Produktgase werden die Verfahren bewertet, optimiert und weiter entwickelt.

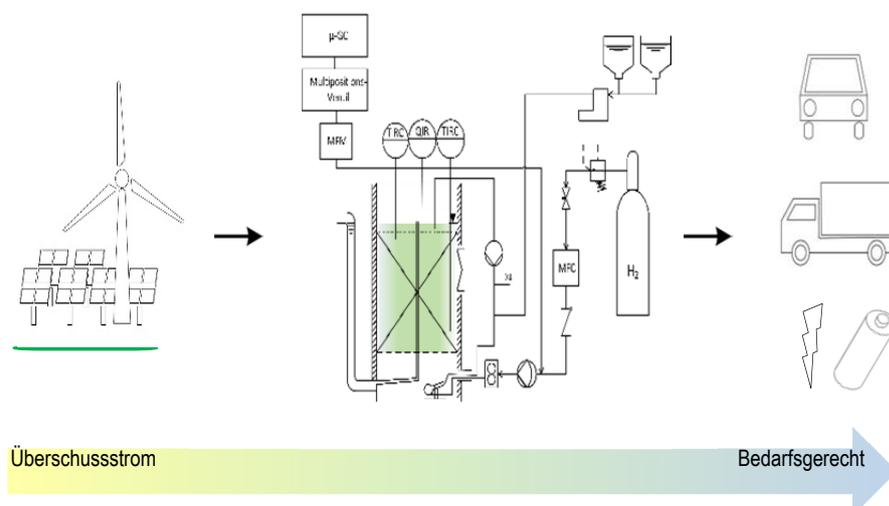
Förderung:
Bundesministerium für
Ernährung und Landwirt-
schaft (BMEL)

Fachagentur Nachwach-
sende Rohstoffe e.V.
(FNR)

Partner:
DVGW-Forschungsstelle
am Engler-Bunte-Institut
des Karlsruher Instituts
für Technologie (KIT) -
Bereich Wasserchemie
und Wassertechnologie

Leibniz-Institut für Agrar-
technik Potsdam-Bornim
e.V. (ATB) Dr. Michael
Klocke

Laufzeit:
Mai 2015 – Mai 2018



Konzept: Bio-Hydro-Methan-Erzeugung

Einsatz der biologischen Methanisierung für Power-to-Gas-Konzepte: Fermentative Hochdruckmethanisierung von Wasserstoff

Die biologische Hochdruckmethanisierung von Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff zu Methan stellt eine interessante Vektortechnologie zur Speicherung von Überschussstrom in Erdgasnetzen dar. Dabei wird Kohlenstoffdioxid mit Wasserstoff, der per Elektrolyse aus Wind- und Solarenergie hergestellt wird, in einem Druckreaktor mikrobiologisch zu Methan umgesetzt. Dieses „Bio-Erdgas“ kann als Kraftstoff im Bereich der Mobilität genutzt oder in Erdgasnetze eingespeist werden. Die biologische Hochdruckmethanisierung von Wasserstoff zu Methan ist damit ein Lösungsansatz für eine nachhaltige Energieversorgung im ländlichen Raum.

Im Rahmen des Projektes wird ein neuartiges Konzept von Mehrphasen-Hochdruck-Rieselbettreaktoren zur Methanisierung untersucht, welche einer konventionellen Biogasanlage nachgeschaltet werden können. Gegenüber alternativen Verfahren weist dieser neue Ansatz deutliche Vorteile aus. So ermöglicht beispielsweise das Festbett einen intensiven Kontakt zwischen Mikroorganismen und Gasen und durch den erhöhten Reaktionsdruck von bis zu 10 bar wird die bisher problematische Gaslöslichkeit verbessert. Als Resultat werden mit diesem Konzept hohe Gas- und Methanerträge erwartet.

Dazu wurde zunächst eine Laboranlage zur Umsetzung von Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid zu Methan geplant und aufgebaut sowie mit einer Mess-, Steuer- und Regelungstechnik ausgestattet. Versuchsreihen zum Einfluss der Betriebsparameter, wie Beladungsraten, Verweilzeit, Druck und Temperatur, werden hinsichtlich einer Steigerung der Gas- und Methanerträge aktuell durchgeführt.

In ersten Vorversuchen konnte die Funktionsfähigkeit des Konzeptes erfolgreich unter Beweis gestellt werden. So wurden in den drei realisierten Reaktoren Methangehalte > 97 % und Methanbildungsraten von 2,5 l / (l*d) erreicht.

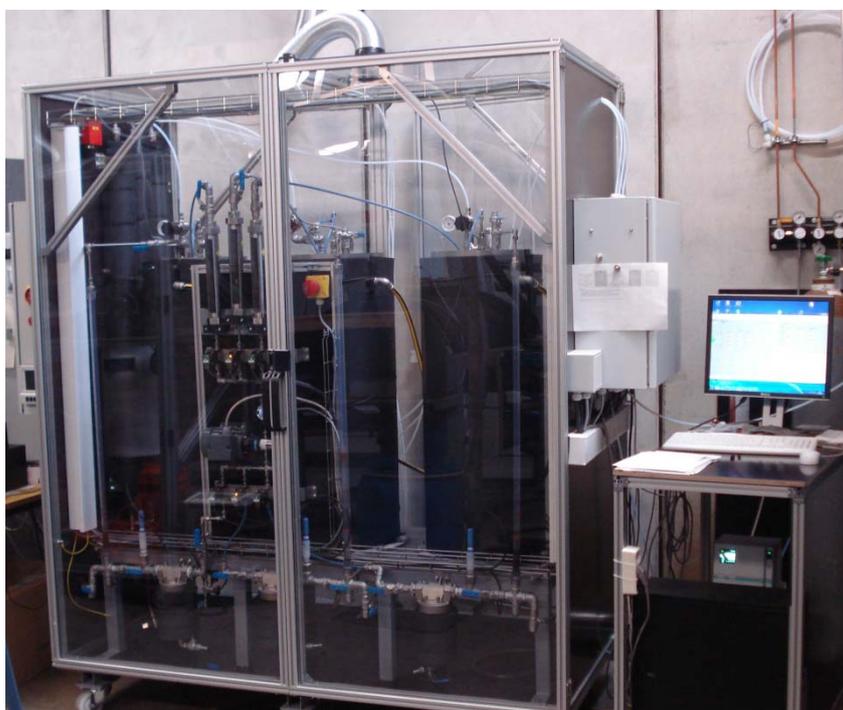


M. Sc. Timo Ullrich

Jochen Harder

Armin Kinigadner

Dr. sc. agr. Andreas Lemmer



Versuchsanlage zur fermentativen Hochdruckmethanisierung von Wasserstoff mit Kohlenstoffdioxid

Förderung:
Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

Partner:
DVGW Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut (DVGW-EBI)
Engler-Bunte-Institut des KIT (KIT-EBI)

Laufzeit:
Juni 2014 – Dez 2017

Bioelektrochemikalische Produktion von hochreinem Biogas aus Abfallstoffen (BioElektroGas)



M. Sc. Padma Priya Ravi

Jochen Harder

Armin Kinigadner

Dr. sc. agr. Andreas Lemmer

Ziel des Forschungsverbundprojektes ist die Umwandlung von biogenen Abfallstoffen zu hochkalorischem Biogas in kompakten und sehr effizienten Systemen. Basis des neuartigen Verfahrens ist die Kombination fermentativer Verfahren zum Aufschluss von fester Biomasse mit bioelektrischen Systemen zur Methanerzeugung, sog. mikrobiellen Brennstoffzellen. Durch diese Verfahrenskombination können flexibel verschiedene Substrate, wie Marktäbälle oder Speisereste verwertet werden. Diese organischen Reststoffe werden zunächst fermentativ bei niedrigen pH-Werten aufgeschlossen („dark fermentation“) und zu organischen Säuren umgewandelt, die wiederum dem bioelektrochemischen Reaktor zugeführt werden.

Durch den Forschungsverbund sind zunächst geeignete Anoden- und Kathodenmaterialien für die mikrobielle Brennstoffzelle zu entwickeln und erproben. Ebenso ist die Elektrodenstruktur an die bio-chemischen Konversionsprozesse anzupassen. Weitere Untersuchungen dienen der gezielten Beeinflussung der Mikroorganismen an den Elektroden. Schließlich ist das fermentativ-bioelektrochemische Gesamtverfahren unter technischen Aspekten im Labormaßstab an der Landesanstalt zu optimieren.

In der ersten Versuchsphase wurden Großmarktäbälle der Fa. Bayha Gemüse, Filderstadt, eingesetzt. Diese bestanden aus einer Mischung von Karotten, Karotten-Verarbeitungsäbällen (Mus), Sellerie, Kohl und Kartoffeln und wiesen damit typische Bestandteile von Großmarktäbällen auf. Die Substratmischung wurde in einem 2-stufigen System bei verschiedenen Ziel pH-Werten (5,5 und 6,0) im Hydrolysefermenter vergoren. Für beide Ziel pH-Werte wurde die Säurezusammensetzung im Hydrolysefermenter untersucht. Die produzierte Gasmengen und Gaszusammensetzungen wurden für die Hydrolyse und den anschließenden Methanreaktor gemessen.

Förderung:
Projekträger Karlsruhe –
Baden Württemberg
Programme

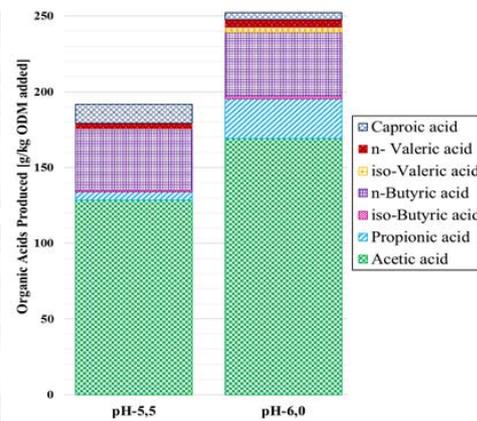
Umweltforschung
Baden-Württemberg,
Ministerium für Umwelt,
Klima und Energiewirt-
schaft

Partner:
Karlsruher Institut für
Technologie (KIT)
Institut für Angewandte
Biowissenschaften (IAB)
Albert - Ludwigs - Uni-
versität Freiburg
Institut für Mikrosystem-
technik (IMTEK)
Universität Stuttgart
Institut für Siedlungs-
wasserbau, Wassergüte-
und Abfallwirtschaft
(ISWA)

Laufzeit:
Sep. 2015 – Aug. 2018



Gemüseabfall



Produzierte Organische Säuren (g/kg)

Entwicklung von Sensortechnik und Grundlagen einer flexiblen lastabhängigen Steuerung der Intermediatbildung in zweiphasigen Biogasprozessen unter Berücksichtigung einer vollständigen Substratausnutzung (Elast^{2P})

Für eine flexible, bedarfsgerechte Stromproduktion und für die Verwertung von Reststoffen sind zweistufige Biogasanlagen besonders geeignet. Jedoch kann bisher das volle Potenzial dieser Technologie nicht ausgenutzt werden.

In dem Forschungsverbundprojekt „ELAST^{2P}“ wird an der Universität Hohenheim das Verfahren der zweistufigen Biogasproduktion, bei der die Säurebildung (Hydrolyse) und die Methangewinnung in getrennten Reaktoren ablaufen, optimiert. Zwei Schwerpunkte stehen dabei im Fokus der Arbeiten:

- die sensorgestützte, lastabhängige Methanproduktion im Methanreaktor und
- die Steigerung der Gesamteffizienz des Verfahrens durch die mechanisch-biologische Aufbereitung des Gärrestes und dessen Rückführung in den Prozess.

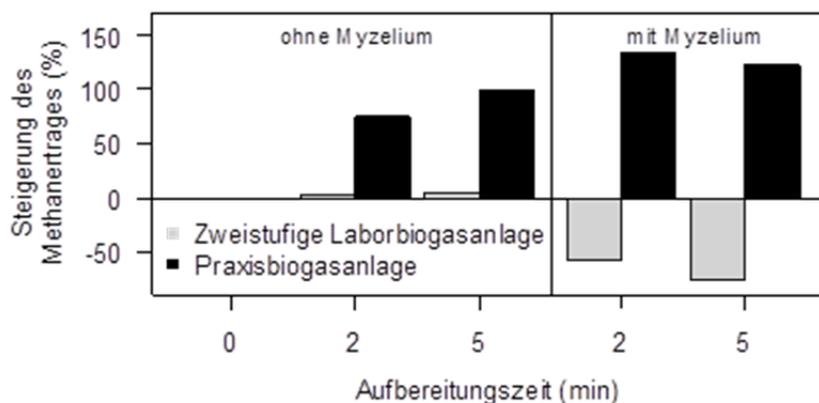
Die Versuche werden an den kontinuierlichen zweistufigen Anlagen, die im Rahmen des FABES Projektes entwickelt wurden, durchgeführt. Die Arbeiten gliedern sich in vier Arbeitspakete:

AP1: Die während der primären Gärung gebildeten organische Säuren, Alkohole und gelöste Zuckerverbindungen sollen von den unabgebauten Faserstoffen bereits im ersten Fermenter, der Hydrolyse, abgetrennt werden. Dazu werden die Einflüsse verschiedener Porengrößen der Filter und Substrate auf die Abtrennung getestet.

AP2: Durch eine mechanisch-enzymatische Aufbereitung der nicht abgebauten Fasern der Gärreste und deren Rückführung in den Fermenter soll der Methanertrag der Einsatzstoffe erhöht werden. Dazu werden die Faserstoffe der Gärreste mechanisch mit einer Kugelmühle und anschließend mit aeroben Pilzen behandelt.

AP3: Für den lastabhängigen Betrieb des Methanreaktors ist eine Online-Messung zur Bestimmung der Konzentration und Zusammensetzung der Intermediate, die von der ersten Prozessstufe (Hydrolyse) in den Methanreaktor überführt werden, erforderlich. Dazu sollen ein NIRS-Sensor und ein Sensor auf Basis eines akustischen Wellenleiters getestet werden.

AP4: Für eine lastabhängige Methanproduktion muss die Beschickung des Systems mit mathematischen Modellen gekoppelt werden. Diese werden von dem Projektpartner G-CSC entwickelt und anschließend in dem zweistufigen Laborsystem getestet.



Einfluss einer kombinierten mechanisch/ enzymatischen Aufbereitung (mechanisch: Aufbereitungszeiten 0, 2, 5 min; enzymatische Aufbereitung: aerober *Shitakepilz* mit Inkubationsdauer von 29 Tagen) von Gärresten (Substrat Heu/Stroh Gemisch und Maissilage) aus dem zweistufigen System und aus der Forschungsbiogasanlage „Unterer Lindenhof“ auf die Steigerung des Methanertrages.



Dr. sc. agr. Jonas Lindner

Jochen Harder

Dr. sc. agr. Simon Zielonka

Dr. sc. agr. Andreas Lemmer

Förderung:

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation (BioProFi)

Partner:

Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main: Goethe-Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen (G-CSC)

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising (LfL)

Laufzeit:

Dez. 2012 - März 2016

Methanoquant - Quantifizierung der Wege der Methanbildung in zweiphasigen Biogasanlagen



M.Sc. Johannes Krümpel

Jochen Harder

Armin Kinigadner

Dr. sc. agr. Andreas Lemmer

Dr. sc. agr. Simon Zielonka

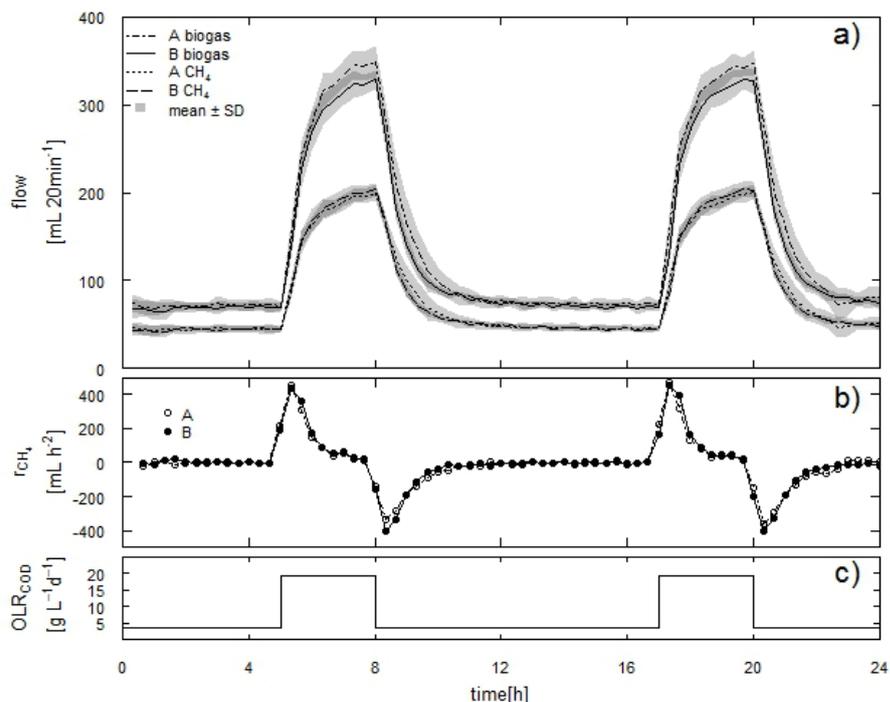
Zweiphasige Verfahrenskonzepte zur Biogaserzeugung gewinnen aufgrund ihrer hohen Prozessstabilität, der Substratflexibilität sowie der hohen Methangehalte der erzeugten Gase in der Forschung immer größere Bedeutung. Ziel des Gesamtprojektes ist es, die Verfahren der zweiphasigen Biogaserzeugung über mathematische Modelle exakt beschreiben zu können, damit eine rasche und zielgerichtete Weiterentwicklung der Verfahren ermöglicht wird. Dazu werden an der Landesanstalt entsprechende verfahrenstechnische Grundlagenuntersuchungen durchgeführt. Dabei sollen die Bestandteile der Prozessflüssigkeit, die für die Methanbildung im Methanreaktor (Anaerob-Filter) verantwortlich sind, identifiziert werden. Des Weiteren soll die Gasbildungskinetik für diese Substanzen beschrieben werden. Aus den gewonnenen Daten werden die mathematischen Modelle der acetoklastischen Methanogenese verifiziert und angepasst, um Grundlagen für die weitere Optimierung von zweiphasigen Biogasanlagen zu schaffen.

Für die Untersuchungen am Anaerob-Filter werden drei baugleiche Reaktoren kontinuierlich betrieben. Die Datenaufnahme erfolgt online, in hoher zeitlicher Dichte und in genauer Auflösung um ein exaktes Bild des Prozesses abbilden zu können. Die Prozessflüssigkeiten werden mit Hilfe der GC und HPLC auf Einzelbestandteile untersucht. Der gesamte organische Kohlenstoffgehalt wird mit Hilfe der Differenzmethode aus totalem Kohlenstoff (TC) und anorganischem Kohlenstoff (IC) bestimmt, um Kohlenstoffbilanzen erstellen zu können.

Im Jahr 2016 wurde insbesondere die flexible, bedarfsorientierte Biogasproduktion mit Hilfe von Anaerobfiltern untersucht. Dabei zeigt sich, dass diese Reaktorsysteme aufgrund der sehr hohen Reproduzierbarkeit und Prognostizierbarkeit der Methanerträge besonders gut für eine bedarfsorientierte Biogasproduktion geeignet sind.

Partner:
Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus (BTU)
Johann Wolfgang Goe-
the-Universität Frankfurt
am Main (G-CSC)
Steinbeis Forschungs-
zentrum (SFZ)

Laufzeit:
Nov. 2012 – Aug. 2016



Gasproduktion des Anaerobfilters bei stoßartiger Erhöhung der Raumbelastung im Tagesverlauf

Autogenerative Two-Phase High Pressure Fermentation: Verfahrenstechnische Grundlagenuntersuchungen zur zweiphasigen Hochdruckfermentation - AG-HiPreFer

Zielsetzung:

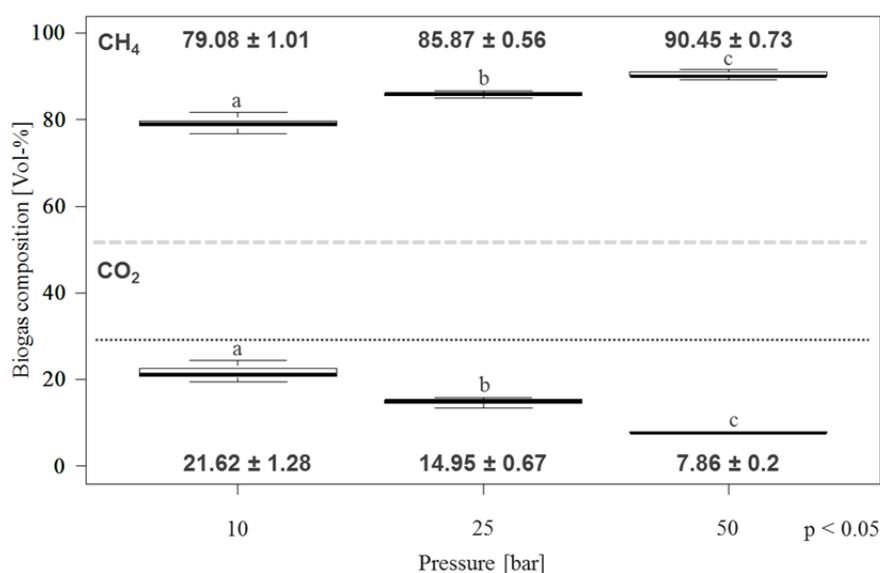
Ziel des geplanten Vorhabens ist es, mit Hilfe des neuartigen "AG-HiPreFer Verfahrens", die Bereitstellung von Biogas besser an die Anforderungen der Einspeisung in Hochdruckleitungen anzupassen und durch die Vermeidung der Verdichtung bis zu 30% des Energieaufwandes für die Gasaufbereitung einzusparen.

Basis des Anlagenkonzeptes ist die zweiphasige Druckfermentation, bei der die Biomasse zunächst in einem Hydrolyse-Fermenter in gelöste organische Verbindungen überführt und diese anschließend in einem Hochdruck-Methanreaktor bei bis zu 100 bar zu Biogas umgesetzt werden. Die Druckerhöhung erfolgt dabei ausschließlich durch die Biogasproduktion der Mikroorganismen. Durch die unterschiedlichen Löslichkeiten von CO₂ und CH₄ in der Prozessflüssigkeit wird der Methangehalt im Gas auf über 92% angehoben. So steht das Gas bei notwendiger Reinheit und ausreichendem Druck für die Einspeisung in Ferngasleitung zur Verfügung.

Ergänzend dazu sollen Untersuchungen für eine in das Verfahren integrierte anaerobe Microbial Fuel Cell (aMFC) durchgeführt werden, mit der die Gesamteffizienz des Verfahrens weiter gesteigert werden soll.

Methodik:

Im Rahmen des Projekts sollen geeignete Mess- und Regelungskonzepte zur Prozessüberwachung (z.B. pH-Wert-Messung) bei Betriebsdrücken von bis zu 100 bar und ein geeignetes Konzept auf Basis von Membranverfahren zur Abtrennung der während des Aufschlusses der Biomasse gebildeten Säuren entwickelt werden. In diesem Zusammenhang sollen sämtliche gasteilige Fragestellungen wie die Löslichkeit von Biogasbestandteilen in der Flüssigphase des Hochdruckmethanreaktors und Aufkommen und Verteilung von Spurengasen, insbesondere von H₂S, NH₃, und H₂ in den Prozessstufen, sowie der Druckeinfluss auf die mikrobiologischen Vorgänge im Reaktor geklärt werden. Abschließend erfolgen eine systemanalytische Betrachtung und eine ökonomische Evaluierung des Verfahrens.



Einfluss unterschiedlicher Betriebsdrücke (10, 25, 50 bar) auf die Gasqualität im kontinuierlichen Verfahren



M. Sc. Wolfgang Merkle

Jochen Harder

Armin Kinigadner

Dr. sc. agr. Simon Zielonka

Dr. sc. agr. Andreas Lemmer

Förderung:

"BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation"

Partner:

DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

Johannes Gutenberg Universität Mainz, Institut für Mikrobiologie und Weinforschung (IMW)

Assoziierter Partner:

Centre de Recherche Public Gabriel Lippmann, Département Environnement et Agrobiotechnologies (CRP), Luxemburg

Laufzeit:

Juli 2013 – April .2017

Zweiphasige Vergärung von Zuckerrüben zur Biomethanherzeugung – Verfahrenstechnische Optimierung der Konservierung und der Konversion zur Steigerung der Energieausbeute (ZRCH4)



M. Sc. Elzbieta
Kumanowska

Jochen Harder

Armin Kinigadner

Dr. sc. agr. Simon
Zielonka

Dr. sc. agr. Andreas
Lemmer

Dr. sc. agr. Hans
Oechsner

Das übergeordnete Ziel des Projektes ist es, den Biogasanlagenbetreibern ein ökologisch, energetisch und wirtschaftlich überlegenes Verfahren anbieten zu können, das durch die Produktion eines hoch kalorischen Biogases den Fokus auf die Verwertung des Gases als Kraftstoff oder als Bioerdgas legt. Damit sollen Alternativen zur bisherigen Verwertungsvariante Stromproduktion geschaffen werden.

Um diese Zielsetzung zu erreichen wird ein bilateraler Ansatz verfolgt. Durch die Verwendung des bisher nur wenig verwendeten Substrates Zuckerrübe soll die Ökologie des Prozesses verbessert und der optimale Einsatz neuer Verfahrenstechnik ermöglicht werden.

Als erster Schritt soll dazu eine neuartige, verlustarme und kostengünstige Silotechnik zur Konservierung der Rüben entwickelt werden. Die erreichten Ergebnisse aus den Lagerungsversuchen und Laborversuchen werden mit den Werten konventioneller Lagerungsverfahren verglichen. Auf diese Weise kann der Einfluss der Konservierungsart auf die Energieausbeute festgestellt werden.

Als zweites sollen die so silierten Rüben auf ihre Eignung zur Vergärung in zweiphasigen Laborsystemen untersucht und die entscheidenden Parameter optimiert werden. Diese neuen biologischen Konversionsverfahren ermöglichen eine Fraktionierung des Biogases bereits während der Erzeugung, so dass es einen stark erhöhten Methananteil aufweist. Dadurch können die Kosten zur Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität deutlich gesenkt und auch die Verwertung des Gases als Kraftstoff ermöglicht werden. Die Biomethanherzeugung könnte eventuell eine Alternative zur Stromerzeugung mittels BHKW sein. So können die Probleme mit der Wärmeverwertung bei der Konversion von Biogas in BHKW umgangen werden.

Die in konventionellen Biogasanlagen eher als problematisch anzunehmenden Zuckerrüben stellen zudem ein nahezu ideales Substrat für die zweiphasige Vergärung dar. Durch ihren hohen Gehalt an Zucker und den niedrigen Gehalt an schwer vergärbaren Stoffen, wie z.B. Lignin, ist die Rübe sehr gut für die Versäuerung geeignet.

Förderung:
Bundesministerium für
Ernährung und Landwirtschaft

Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (FNR)

Partner:
Novatech GmbH
Versuchsstation Agrarwissenschaften, Standort Lindenhöfe
Standort Ihinger Hof

Laufzeit:
Sept. 2014 – Aug. 2017



Versuchssilos zur Zuckerrübenlagerung auf der Versuchsstation „Unterer Lindenhof“ während der Bauphase

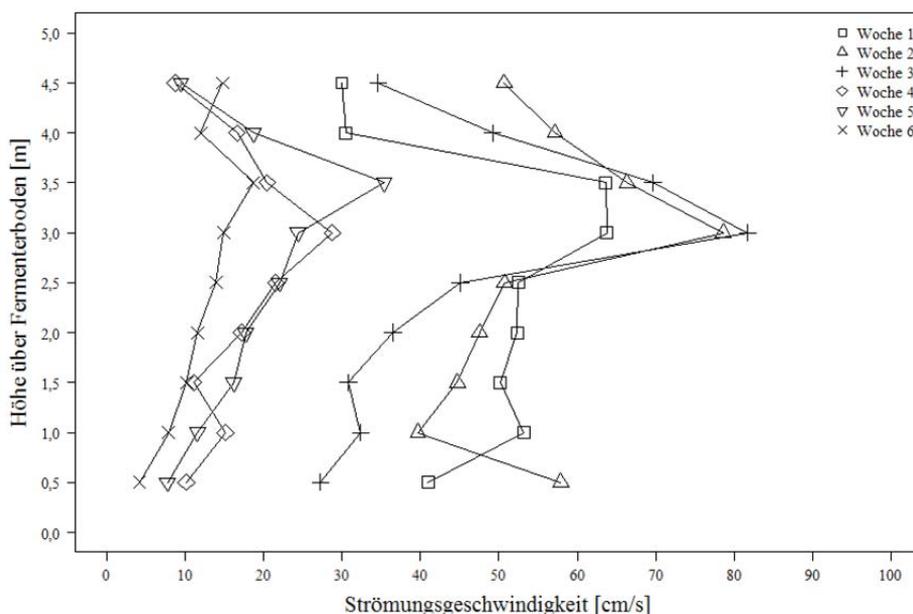
Flexibilisierte Fütterung in Biogasprozessen mit Modell-basierter Prozesserkennung im Praxismaßstab – FlexFeed

Aufgrund von geringer werdender Flächen- und Rohstoffverfügbarkeit sowie den aktuellen politischen Rahmenbedingungen nutzen Biogaserzeuger verstärkt Maßnahmen, die zur Effizienzsteigerung des Verfahrens beitragen oder suchen alternative Einkommensquellen, wie z.B. die Möglichkeit der Flexibilisierung der Biogasnutzung. Biogasanlagen bieten das Potenzial, die Versorgungssicherheit und Stabilität bei steigender Dynamik im Stromnetz zu unterstützen. Solange Gasaufbereitungsverfahren sich für viele Bestandsanlagen nicht lohnen, wird versucht, die Stromerzeugung vor allem durch die Erweiterung der Gasspeicher sowie auf Seiten der Blockheizkraftwerke (BHKWs) zu flexibilisieren.

Mit Hilfe der speicherbaren Biomasse besteht allerdings die Möglichkeit, die Fermenter flexibel und regelbar über das Fütterungsmanagement zu betreiben. Jedoch sind die Auswirkungen eines stark variierenden Fütterungsmanagements auf die biologischen, rheologischen und verfahrenstechnischen Parameter bislang unbekannt. Es ist davon auszugehen, dass durch flexible Prozessführung bislang unbekannte Zustände auftreten können, welche den störungsfreien Anlagenbetrieb erheblich gefährden. Daher ist die Entwicklung einer innovativen Prozessüberwachung und Prognosestrategie zwingend notwendig.

Im Projekt wird die Evaluierung und Optimierung einer Strategie zum Fütterungsmanagement an Biogasanlagen angestrebt, die innovative Sensorik in der Flüssigphase, Modell-basierte Überwachung und auf neuronalen Netzen beruhende Prognosen als methodische Ansätze vereint. Das Projekt gliedert sich in drei Arbeitspakete:

- Arbeitspaket 1: Identifikation der kritischen Zonen im Biogasfermenter
- Arbeitspaket 2: Installation und Validierung des akustischen Wellenleiters und der Nahinfrarotspektroskopie
- Arbeitspaket 3: Überprüfung der entwickelten Modelle im Großmaßstab



Strömungsgeschwindigkeiten an der Schleuse 1.1 über den Versuchszeitraum hinweg (Kolb 2016)



M. Sc. Philipp Kress

Dr. sc. agr. Hans-Joachim Nägele

Dr. sc. agr. Hans Oechsner

Förderung:
Bundesministerium für Wirtschaft
Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (FNR)

Partner:
TU-Berlin
SOTA Solutions (Berlin)

Laufzeit:
Aug. 2014 – März 2018

Studie zur Effizienzmessung eines neuartigen und innovativen Rührwerks für Substrate in Biogasanlagen und des dessen Strömungsverhalten



Dr. sc. agr. Hans-Joachim Nägele



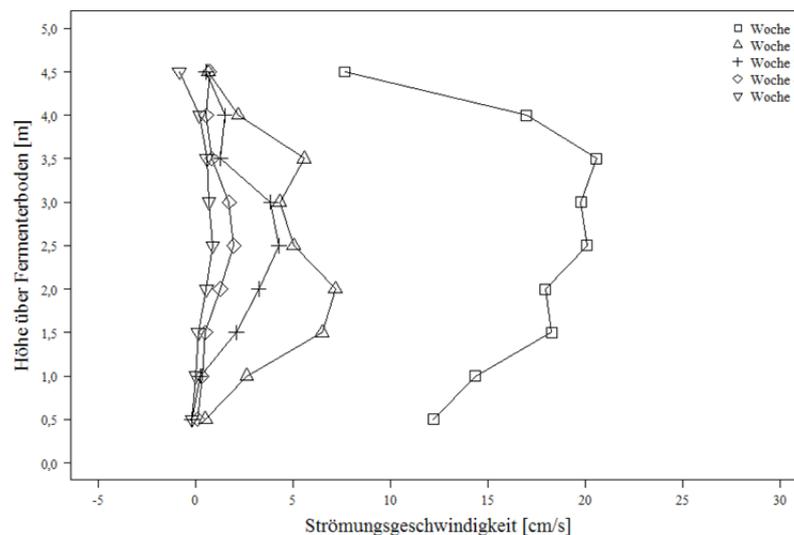
M. Sc. Philipp Kress

Dr. sc. agr. Hans Oechsner

In diesem Forschungsprojekt soll ein äußerst innovatives, bionisches Rührwerk der Fa. WUSOA für zwei Verweilzeiten (circa 180 Tage) in einem der beiden Biogasermenter an der Forschungsbiogasanlage Unterer Lindenhof am Standort Lindenhöfe der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim eingebaut und insbesondere auf die folgenden Faktoren getestet werden:

- Primärenergieverbrauch (kontinuierlich)
- Menge und Qualität des erzeugten Biogases (kontinuierlich)
- Nährstoffverteilung in den Fermentern (12 Messpunkte mit drei Höhen – alle zwei Monate)
- Prozessbiologische Aktivität des Gärsubstrates im Fermenter (vierzehntägig)
- Viskosität des Fermentersubstrates mit Hilfe eines Rohrviskosimeters (alle zwei Monate)
- Strömungsgeschwindigkeit
- Untersuchung des Strömungsbildes (zusammen mit Fraunhofer IKTS in Dresden)
- Vergleich des Rührwerks mit Messdaten der Rührwerke an der bestehenden Anlage

Die Ergebnisse zeigen, dass mit steigender Viskosität im Fermenter 2 bei einem Trockensubstanzgehalt von 9% im Gärsubstrat kaum noch Strömungsgeschwindigkeiten mit dem magnetisch-induktiven Strömungssensor gemessen werden können. Die Strömungsgeschwindigkeiten an allen Positionen und Höhen tendieren gegen 0 cm/s. Die Nährstoffverteilung zeigte im Vergleich zwischen konventionellem und bionischem Rührwerkeinsatz keine messbaren Unterschiede. Die Trockensubstanz sowie die Gärsäuren waren über alle Positionen und Höhen gleichmäßig verteilt. Auffällig war, dass während der Übergangsphase von niedrigen zu hohen TS-Gehalten im Gärsubstrat massive Schwimmschichten an der Oberfläche entstanden sind die durch das bionische Rührwerk nicht alleine eingerührt werden konnten. Hier-zu musste sehr häufig das Tauchmotorrührwerk eingesetzt werden. Die Untersuchung zeigte weiterhin, dass die sehr kurzen Beobachtungszeiträume nicht ausreichend sind um die Rührqualität abschließend zu beurteilen. Hierzu sind Langzeitversuche notwendig.



Strömungsgeschwindigkeit an Fermenter-Position 1.3 über alle Versuchswochen

Förderung:
Landes Baden-Württemberg im Rahmen der Baden-Württemberg Programme

Laufzeit:
Realisierung in 2015 –
Verlängert bis Dez. 2016

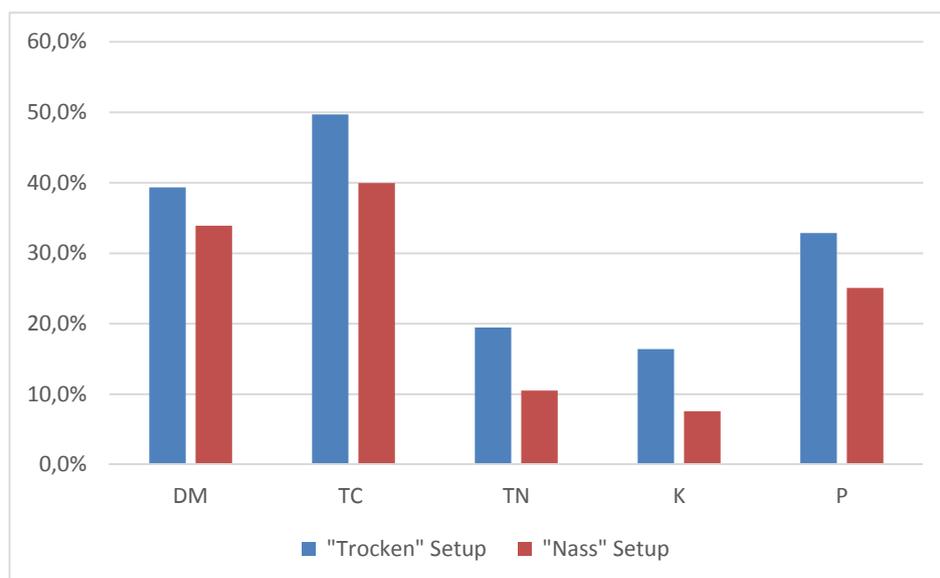
Untersuchungen zur Biogasgewinnung aus stickstoff- und faserreicher Biomasse – Methanertragspotenziale, Prozessstabilität und Nährstoffmanagement der Gärreste

In der Ukraine steht eine potenzielle Fläche von 3,8 Mill. Hektar für den Anbau von Energiepflanzen zur Verfügung. Nutzt man diese Flächen zum Anbau von Energiepflanzen für die Biogasproduktion, können jährlich 21 Milliarden m³ Erdgas ersetzt werden. Der Rinderbestand in der Ukraine nimmt seit vielen Jahren kontinuierlich ab. Auch aus diesem Grund werden aktuell dort nur auf 2,5% der landwirtschaftlich genutzten Flächen organische Düngemittel aufgebracht. Daher kommt den Gärresten aus Biogasanlagen für eine nachhaltige Flächenbewirtschaftung eine besondere Bedeutung zu. Durch eine mechanische Aufbereitung der Gärreste können deren Anwendungseigenschaften weiter verbessert und deren Einsatz kann im Sinne einer Präzisionslandwirtschaft gesteigert werden.

Im Rahmen der Arbeit sollen folgende Hauptziele untersucht werden:

- Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss von Pflanzensorten, Erntezeiten und biologischer Vorbehandlung auf die Methan-Ertragspotenziale von Energiepflanzen, die in der Ukraine angebauten werden (HBT).
- Experimentelle Untersuchungen zur Prozessstabilität bei der anaeroben Verdauung von N-reicher und lignocellulosischer Biomasse (CSTR-Laborsystem).
- Untersuchungen zum Nährstoff-Management mit Hilfe von Pressschneckenseparatoren (Full-Scale-Anwendung).

Gärrestaufbereitung: Das Ziel der Forschung ist es, die Verteilung der Nährstoffe in der festen und flüssigen Fraktionen bei unterschiedlichen Einstellungen der Separatoren zu analysieren. Die ersten experimentellen Versuche wurden dazu an der Biogasanlage "Unterer Lindenhof" durchgeführt. Die Aufbereitung erfolgte mit einem Pressschneckenseparator der Fa. UTS. Der Arbeitsmodus des Separators wurde durch Änderung des Betriebsdruckes geregelt. Die dargestellten Forschungsexperimente wurden unter „trockenen“ (=hoher TS-Gehalte der Feststofffraktion) und „nassen“ (=geringer TS-Gehalte der Feststofffraktion) Einstellungen des Separators durchgeführt.



Anteil der der Nährstoffe in der abgetrennten festen Phase von Gärresten in Bezug auf den Gesamtgehalt der Gärreste bei Einsatz eine UTS Separators bei unterschiedlichen Gegendrücken



M. Sc. Ievgeniia Morozova

Dr. sc. agr. Andreas Lemmer

Förderung:
Stipendium des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD)

Partner:
Institut für Bioenergiepflanzen und Zuckerrüben der nationalen Akademie der Agrarwissenschaften der Ukraine

Laufzeit:
Okt. 2016 – Nov. 2019

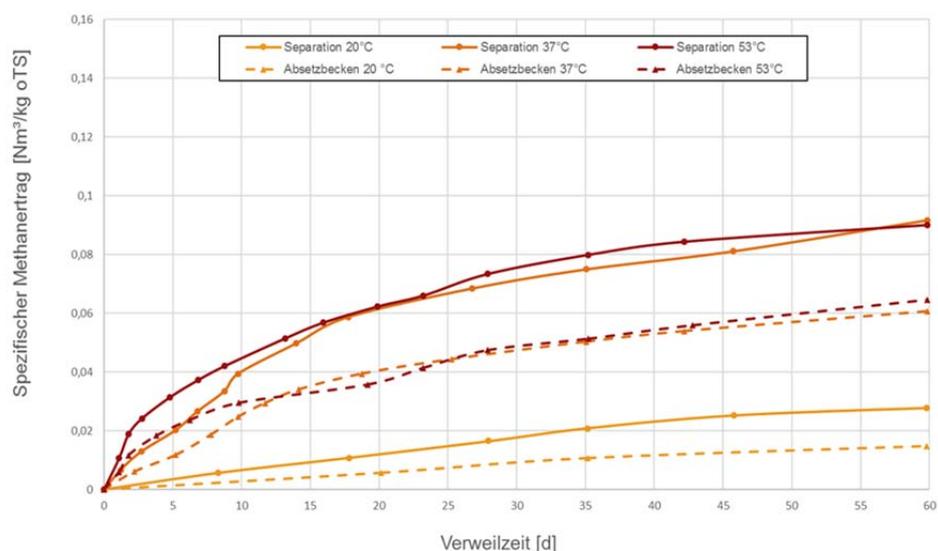
Erfassung des Methanemissionspotenzials von Bioabfallvergärungsanlagen über die Bestimmung des Restmethanpotenzials

B. Sc. Tobias Bauer

Dr. sc. agr. Hans
Oechsner

Etwa 5% des Biogasstroms stammen in Deutschland derzeit aus Bioabfallvergärungsanlagen. Deren Produktion könnte deutlich gesteigert werden, wenn ein größerer Anteil der gesammelten Bioabfälle nicht über Kompostierungsanlagen sondern konsequent über Anaerobanlagen verwertet würden. Bei existierenden Bioabfallvergärungsanlagen steht nicht die Energieerzeugung sondern die Stabilisierung des organischen Abfalls im Vordergrund. Daher sind die Anlagen meist nicht auf eine vollständige Ausnutzung des Energiepotenzials ausgelegt. Es bleiben damit wertvolle Energiemengen ungenutzt.

Im Auftrag der LUBW wurden die Gärreste von fünf Abfallvergärungsanlagen auf ihr Restgaspotenzial untersucht. Bei den Anlagen nach unterschiedlichem Bauprinzip, die im thermophilen Temperaturbereich bei ca. 55°C betrieben werden, liegen im Vergleich zu landwirtschaftlichen NaWaRo-Anlagen nur sehr kurze hydraulische Verweilzeiten von weniger als 20 Tage vor. Danach wird der Gärrest in Separieranlagen in eine flüssige und eine feste Fraktion aufgeteilt. Während die Feststofffraktion einer Nachrotte zugeführt wird, wird die Flüssigfraktion meist zunächst in Absetzbecken für mehrere Tage zwischengelagert, um sie dort von Sedimenten zu befreien. Danach gelangen sie in Lagerbehälter. Es hat sich gezeigt, dass die Absetzbecken und auch die Lagerbehälter bei vielen Anlagen nicht gasdicht abgedeckt sind. Da in den Absetzbecken eine hohe Temperatur herrscht und eine Lagerung über bis zu 13 Tagen erfolgt, wurden die separierten Dünnschubstrate vor Zulauf und bei Verlassen der Becken beprobt und auf das Restgaspotenzial untersucht. Bei dieser Methode nach VDI-Richtlinie 4630, wurde das Substrat über eine Dauer von 60 Tagen sowohl bei einer Gärtemperatur von 20°C, 37°C und 55°C im Labor vergoren. Außerdem wurden Daten zu den Anaerobanlagen erfasst. Es zeigte sich, dass allein in dem Flüssiganteil nach Separierung noch bis zu 10 % Restmethanpotenzial enthalten sind. Ein Teil dieses Potenzials geht verloren und hat zudem negative Umweltwirkung. Es werden im Projekt Hinweise zur Optimierung der Verfahren gegeben.



Förderung:
Ministerium für Umwelt
und Verkehr, Baden-
Württemberg, LUBW

Laufzeit:
Juni 2016 – März 2017

Beispielhaftes Ergebnis des Restmethanpotenzials einer Abfallvergärungsanlage – Betrachtung von separiertem Gärrest und Substrat nach Verlassen eines Absetzbeckens, Vergärung bei unterschiedlichen Temperaturen

Entwicklung effizienter zweiphasiger Biogasanlagen über eine gekoppelte energetische und stoffliche Nutzung (Optigär)

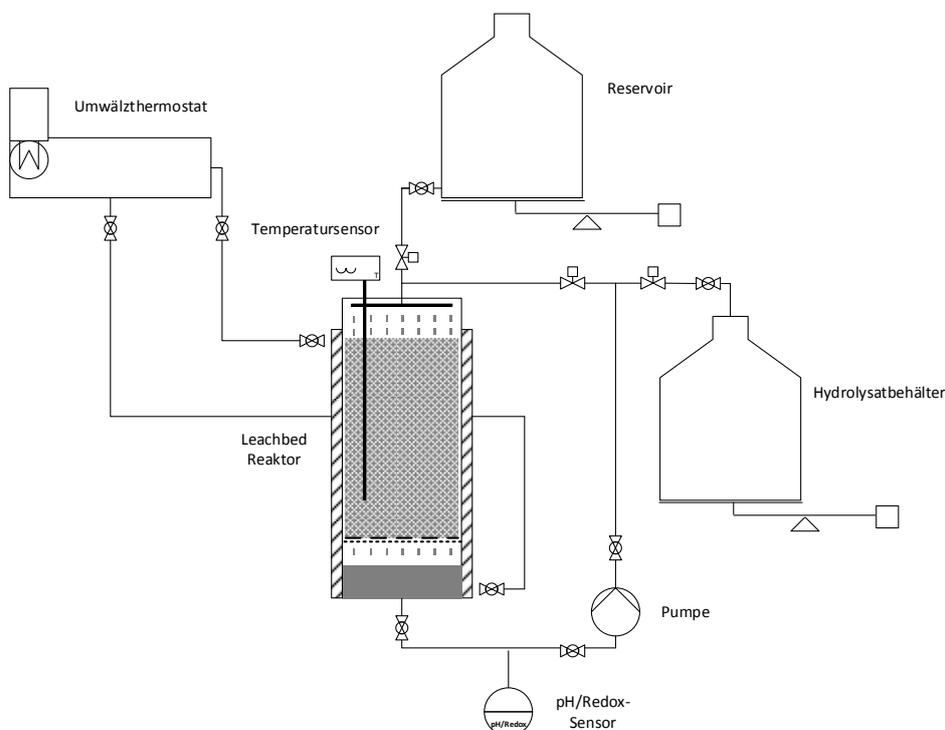
Das Gesamtziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Kaskadennutzung und damit nachhaltigeren und ganzheitlicheren Verwertung von Agrarrohstoffen. Dabei steht die stoffliche Nutzung von Koppelprodukten als Basischemikalien mit potenziell hohen Preisen im Fokus.

Im Rahmen des Vorhabens wird ein neuartiges Konzept zur integrierten stofflichen Nutzung von zweiphasigen Biogasanlagen entwickelt. Mit diesem Konzept soll eine gekoppelte stoffliche und energetische Nutzung der Biogassubstrate ermöglicht werden. Im Hydrolyseprozess wird durch die gezielte Steuerung von Temperatur, pH-Wert sowie Pufferkapazität und einer gezielten Futterstoffauswahl versucht die Konzentration an nutzbaren Plattformchemikalien zu erhöhen. Diese werden dann mit selektiven Membranen aus der Flüssigkeit entfernen. Der Rückstand wird anaerob in einem Methanisierungsreaktor verwertet.

Zur Optimierung der Ausbeuten an verwertbaren löslichen Stoffen werden die Gärprodukte regelmäßig nasschemisch analysiert. Es wird ein Screening sowohl von verschiedenen Substraten als auch von unterschiedlichen Reaktionsbedingungen der Hydrolyse im Hinblick auf die optimale Säurenproduktion durchgeführt. Ziel ist die Selektion geeigneter Substrate und der geeigneten Hydrolysebedingungen.

Die Abtrennung der wertbringenden Säuren erfolgt über spezielle Membranen durch das Fraunhofer Institut für chemische Technologie (ICT). Diese werden direkt in die Fermenterkette eingegliedert, um einen vollintegrierten Prozessablauf zu realisieren.

Zusätzlich werden eine Umweltbewertung und Wirtschaftlichkeitsabschätzung sowie ein Überführungskonzept für die Industrie durch das Europäische Institut für Energieforschung (ElFER) erstellt.



Hydrolyse und Säurebildung in einem Leachbed-Reaktor System



M. Sc. Jörg Steinbrenner

Dr. Hans-Joachim Nägele

Dr. sc. agr. Hans Oechsner

Förderung:
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)

Partner:
Fraunhofer-Institut für chemische Technologie (ICT)

ElFER Europäisches Institut für Energieforschung EDF-KIT EWIV

Lipp GmbH

Laufzeit:
Sep. 2015 – Aug. 2018

Optimiertes Substratmanagement und Einfluss von Gärrestzusammensetzung auf den Boden-Stickstoff und Boden-Humushaushalt



B. Sc. Florian Siemeister



M. Sc. Natali Böttcher

Dr. sc. agr. Hans
Oechsner

Die Nährstoffzusammensetzung in Gärresten und somit auch die spätere Humuswirksamkeit ist, in Abhängigkeit von den Gärsubstraten, sehr unterschiedlich. Der Einfluss der Gärrestaufbereitung auf die Zusammensetzung der Gärreste und ihre Düngewirkung ist bisher unzureichend untersucht. Weiterhin führen Lagerkapazitätsprobleme durch die Einhaltung von Sperrfristen zu einer saisonalen Verschiebung der Nährstoffversorgung. So ist die Lagerkapazität in den Praxisbetrieben häufig bereits im Herbst erschöpft, während der Stickstoffbedarf im Frühjahr am höchsten wäre.

Ziel des Gesamtprojektes ist es verschiedene spezifische Substrate mit Hilfe von stabilisotopischen ^{15}N -Tracer molekularchemisch zu charakterisieren, um deren Düngewirkung anschließend bewerten zu können.

Dazu wurden an der Landesanstalt unterschiedlichen Untersuchungen zur isotopischen Stickstoffmarkierung von Gärresten, zur Untersuchung von Einflüssen auf die Gärrestzusammensetzung und zur Analyse des Stickstoffumsatzes während des Prozesses durchgeführt. Um die chemische Charakterisierung der Gärreste durchführen zu können, wurden zunächst Mais, Weidelgras und Zuckerrüben im Gewächshaus mit ^{15}N gelabelt und anschließend in einem 2L-Fed-Batchsystem vergärt.

Zur besseren Verwertbarkeit der Nährstoffe und zur Verbesserung der Transportwürdigkeit existieren technische Verfahren zur Gärrestaufbereitung. Diese Verfahren (Trockner, Vakuumverdampfer) sollen nun massenbilanztechnisch erfasst und auf ihre Effizienz hin überprüft werden. Ziel ist es, ein optimiertes Verfahren mitzuentwickeln, dass es ermöglicht, Stickstoff aus dem Kreislauf zu trennen und einen absatz- und lagerfähigen Dünger zur Verfügung zu stellen.

Durch die Bereitstellung eines Planungstools zur Optimierung der Einschätzung der Düngewirkung des individuellen Gärrestes durch den Anlagenbetreiber, können Produktionsempfehlungen für ökologisch und ökonomisch nachhaltige Biomasseproduktionssysteme gegeben werden.

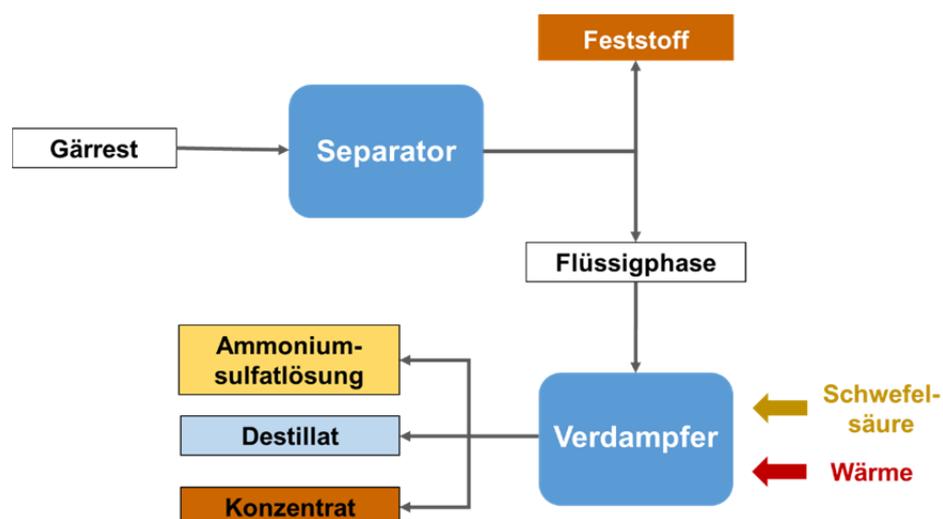
Förderung:
Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR)

Partner:
Universität Hohenheim
Fachgebiet Düngung und Bodenstoffhaushalt (340i), Institut für Kulturpflanzenwissenschaften

Universität Rostock
Professur für Bodenkunde

Steinbeis Forschungszentrum (SFZ)

Laufzeit:
01.11.2014 - 31.10.2017



Konzept einer Vakuumverdampfung

Auswirkungen von Spurenelementen auf den Biogasertrag und die Prozessstabilität bei der Vergärung des Fruchtfleisches und der Schalen von Kaffeekirschen aus Äthiopien

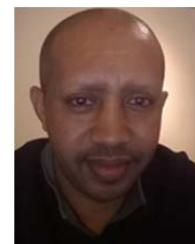
Äthiopien ist das Ursprungsland des Arabika Kaffees. Die Kaffeeproduktion hat wichtige wirtschaftliche und kulturelle Auswirkungen und der Lebensunterhalt von fast einem Fünftel der Bevölkerung Äthiopiens ist davon abhängig.

Die primäre Kaffeeverarbeitung, mit dem Ziel grüne Kaffeebohnen für den Haushaltsgebrauch und für den Export zu produzieren, findet meist in Entwicklungsländern statt. Bei dem Prozess fallen große Mengen an Biomasse als Nebenprodukt (Fruchtfleisch, Schale, Pektinschicht und Pergamenthäutchen) an. Diese werden ohne weitere Verwendung deponiert und verursachen erhebliche ökologische und soziale Probleme.

Das Biogasertragspotenzial (Mittels HBT) der Nebenprodukte war vielversprechend mit Ausnahme des Pergamenthäutchens. Folgende Methanerträge wurden bei 37°C und einer Verweilzeit von 35 Tagen ermittelt: Fruchtfleisch 0,245 mN3/ kgoTS, Schalen 0,159 mN3/ kgoTS, Pektinschicht 0,294 mN3/ kgoTS. Die Elementaranalyse des Fruchtfleisches und der Schale zeigten, dass beiden Substraten wichtige Spurenelemente wie Mangan, Zink, Kobalt, Molybdän, Eisen, Nickel, Selen und Wolfram fehlten; die für eine dauerhaft stabile, kontinuierliche Monofermentation mit möglichst hoher Raumbelastung von entscheidender Bedeutung sind.

Die Biogasproduktion von Fruchtfleisch und Schale, mit und ohne Zugabe von Spurenelementen, wurde für 20 Wochen in horizontalen Rührkessel-Reaktoren (20L) in zweifacher Wiederholung untersucht. Die Raumbelastung konnte von anfänglich 2,5 schrittweise auf bis zu 6 kgoTS/ m³ d gesteigert werden. Die durchschnittliche Methanproduktion aus Fruchtfleisch lag mit Spurenelementzusatz bei 1,3 m³/ m³ d (Raumbelastung 6 kg/ m³ d) und ohne bei 1 m³/ m³ d (5 kg/ m³ d). Die Methanproduktion der Schalen lag bei Zugabe von Spurenelementen bei 0,9 m³/ m³ und ohne Zugabe nur bei 0,8 m³/ m³ jeweils bei einer Raumbelastung von 6 kg/ m³ d.

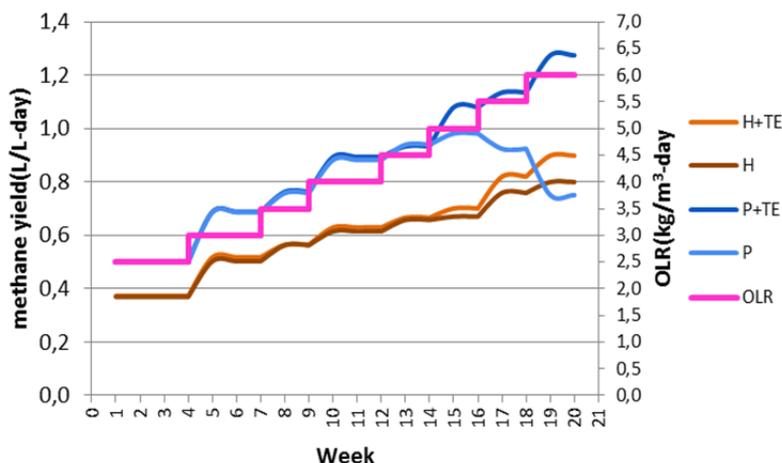
Speziell bei hohen Raumbelastungen liefen die Varianten mit Zusatz von Spurenelementen stabiler in Bezug auf die FOS / TAC-Werte und den Gehalt an flüchtigen Fettsäuren sowohl für das Fruchtfleisch und die Schalen. Auch in Hinsicht auf den Methanertrag waren diese Varianten überlegen. Darüber hinaus ermöglicht die Anwendung von Spurenelementen höhere Raumbelastungen. Inzwischen wurden auch Untersuchungen an halbertechnischen Fermentern erfolgreich in Äthiopien durchgeführt.



M. Sc. Bilhate L. Chala

Dr. sc. agr. Hans Oechsner

Prof. Joachim Müller



Methanproduktion von Fruchtfleisch und Schalen mit und ohne Spurenelementzugabe (TE) bei verschiedenen Raumbelastungen

Förderung:
GlobE BiomassWeb
project

Partner:
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Fg. Agrartechnik in den
Tropen und Subtropen
(440e)

Biogas Messprogramm III – Faktoren für einen effizienten Betrieb von Biogasanlagen



M. Sc. Benedikt Hülsemann

M. Sc. Lijun Zhou

Dr. sc. agr. Hans-Joachim Nägele

Dr. sc. agr. Hans Oechsner

Der Bau von Neuanlagen hat sich in den letzten Jahren aufgrund der Veränderungen im Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) deutlich verringert. Gleichzeitig droht das Ende der 20 Jahre langen Vergütung nach EEG 2004 und 2009 zu einer Stilllegung von Altanlagen zu führen. Diese Situation hat die Biogasbranche in Deutschland nachhaltig verändert. Eine Verbesserung der Effizienz und damit der Wirtschaftlichkeit sowie eine sinnvolle Neuauslegung von Boni im EEG sind zum Erhalt der Anlagenzahl und der Marktführerschaft im Bereich Biogas in Deutschland dringend notwendig.

Im Biogas Messprogramm III wird mit Hilfe eines Monitorings an 60 Biogasanlagen in ganz Deutschland ein Leitfaden für Biogasanlagenbetreiber und Politiker geschaffen. Ein vollständiges Bild des Anlagenbestandes und der heutigen Praxis wird genauso gezeigt, wie eine Evaluierung von neuen Messmethoden zur exakten Bestimmung der Effizienz von Biogasanlagen. Mit Hilfe dessen sollen sowohl effiziente Anlagenkonzepte als auch Schwierigkeiten beim Betrieb von Biogasanlagen dargestellt werden.

Zur Bestimmung der Effizienz wird jeweils eine ökonomische, biologische und technische Analyse der Anlagen erstellt. Zur biologischen Analyse werden monatlich Proben von allen Behältern und Substraten genommen und diese auf eine Vielzahl von Parametern untersucht. Die Basis aller anderen Analysen sind Betriebsdaten. Zur Erfassung dieser werden Betriebstagebücher sowie verfügbare Zählerstände erfasst und abgelesen.

Ein Vergleich von theoretischen Daten, die aus den Messergebnissen der biologischen Analyse errechnet werden, und den Betriebsdaten dient als Validierung der Messergebnisse. Gleichzeitig wird der Vergleich als Grundlage der im BMP III angesiedelten Promotion verwendet. In der Promotion werden die Abweichungen der Daten zueinander betrachtet und die Ursachen näher untersucht.

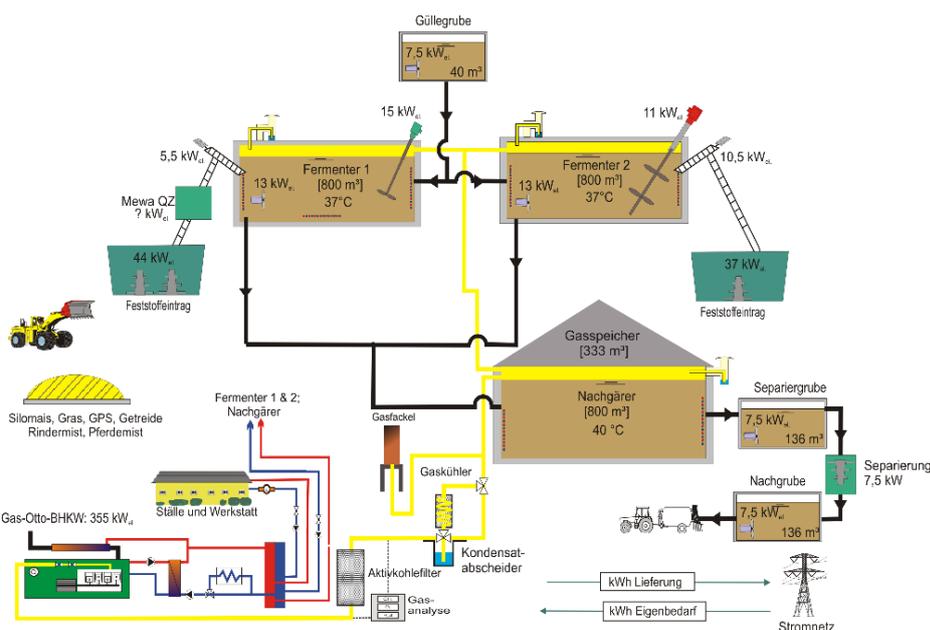
Förderung:
Fachagentur für Nachhaltige Rohstoffe e.V.

Partner:
LfL Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

DBFZ Deutsches Biomasse Forschungszentrum (Koordination)

EEK.SH Kompetenzzentrum Erneuerbare Energien und Klimaschutz Schleswig Holstein

Laufzeit:
Jan 2016 – Dez 2018



Schema der im Rahmen des BMP III untersuchten Anlage Unterer Lindenhof

Das deutsche Biogas Messprogramm III – Ein passendes Programm für China? Biogasanlagenbetrieb und Leistungsbewertung

Chinas Agrarindustrie produziert jährlich Milliarden Tonnen Biomasseabfälle, die zur Energiegewinnung geeignet sind. Nach dem 13. Fünfjahresplan des Landes (2016-2020) wird China 6,8 Milliarden € zur Verfügung stellen, um Biogasprojekte in ländlichen Gebieten zu fördern, und dadurch den Anteil umweltfreundlicher Energie zu erhöhen. Der Plan beinhaltet den Bau von 172 neuen Biogasprojekten und 3.150 groß angelegten Biomethanprojekten. Allerdings sind bei dem derzeitigen Entwicklungsstand des Biogas-Sektors noch viele Hindernisse zu beseitigen, wie z.B. niedrige Anlagenbetriebseffizienz und niedrige Biogasproduktionseffizienz, fehlende Standards und ein unzureichendes politisches Regelwerk. Dieses Projekt bezieht sich auf die Erfahrungen aus den drei deutschen Biogas-Messprogrammen (BMP). Darüber hinaus wird die BMP III-Methodik für China angepasst, um ein entsprechendes erstes chinesisches BMP einzurichten.

Dazu wird in diesem Projekt, basierend auf dem BMP III, ein Monitoring an mehr als zehn deutschen Biogasanlagen durchgeführt. Durch Anlagenbetriebsüberwachung und Analyse von Schlüsselindikatoren (z.B. Biogaspotential, TS/oTS, FFS, FOS/TAC, NH₄-N, etc.) wird versucht den Betrieb von Biogasanlagen in Deutschland kennenzulernen. Dies soll später als Referenz für chinesische Biogasanlagenbetreiber dienen. Darauf aufbauend sollen chinesische Biogasanlagen nach folgenden Kriterien untergliedert untersucht werden: (a) Größe (dh 500-10.000 m³ Reaktorkapazität), (b) Substrate (z.B. Schweinegülle, Kuhmist, Hühnermist, organische Abfälle und Stroh), (c) Biogasnutzung (Haushaltsversorgung, Stromerzeugung und Biomethan) und (d) Standorte

Ziel ist es eine ähnliches Monitoring wie im BMP III durchzuführen. Darüber hinaus wird dessen Methodik angepasst, um den Gegebenheiten in China gerecht zu werden und das erste chinesische BMP nachhaltig zu etablieren. Im Hinblick auf die Politik werden Studien zur Regierungspolitik in Ländern mit fortgeschritteneren Biogastechnologien und einem entwickelten Markt, zum Beispiel Deutschland, Schweden und Dänemark, durchgeführt, um ein vollständiges und klares Bild der chinesischen Regierung darüber zu präsentieren zu können, wie andere Regierungen den Sektor entwickeln und unterstützen. Darüber hinaus werden ökonomische Analysen an allen untersuchten Biogasanlagen durchgeführt, um deren Wirtschaftlichkeit zu beurteilen. Dies soll Möglichkeiten aufzeigen, wie der Betrieb der Biogasanlagen am rentabelsten gestaltet werden kann, damit dieser auch ohne staatliche Subventionen möglich wird. Die Ergebnisse sollen der chinesischen Regierung vermitteln, wie dessen Politik angemessen strukturiert werden könnte.



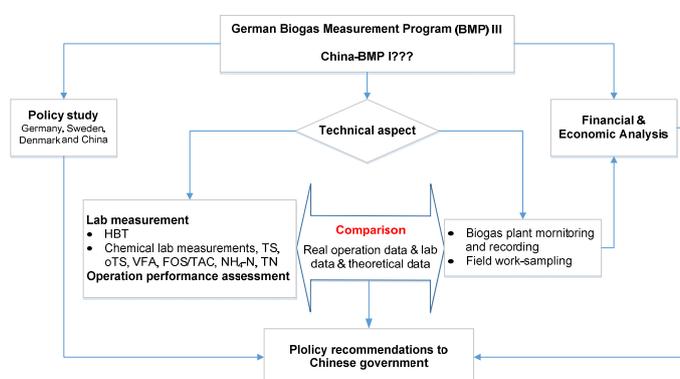
M. Sc. Lijun Zhou

M. Sc. Benedikt Hülsemann

Dr. sc. agr. Hans-Joachim Nägele

Dr. sc. agr. Hans Oechsner

Prof. Dong Renjie (CAU, Peking)



Projektschema (March 2017)

Partner:
China Agriculture University, the People's Republic of China

Laufzeit:
Nov. 2016 – June 2019

Biogasproduktion aus ertragreichen, tropischen Energiepflanzen: Einfluss der Pflanzenarten, Anbaustandorte und Pflanzenteile auf den Methanertrag



Surendra K C, ABD

Dr. Richard Ogoshi

Dr. sc. agr. Annett
Reinhardt-Hanisch

Dr. sc. agr. Hans
Oechsner

Dr. Andrew G.
Hashimoto

Dr. Samir K. Khanal

Hawaii, eine der abgelegensten von Menschen besiedelten Landmassen, ist zur Deckung ihres Energiebedarfs nahezu ausschließlich von Energieimporten abhängig. Zurzeit werden etwa 90% des Energiebedarfs durch importierten Treibstoff gedeckt. Zur Verbesserung der Versorgungssicherheit, der Umweltprobleme und der ökonomischen Probleme, die in Zusammenhang mit den importierten Treibstoffen stehen, hat sich die „Hawaii Clean Energy“ Initiative zum Ziel gesetzt bis zum Jahr 2045 100% des Energiebedarfs aus sauberen Energiequellen zu decken. Hierbei soll der Bioenergie eine wichtige Rolle im Energiemix zukommen. Um diese ambitionierten Ziele zu erreichen hat die Bioenergieproduktion mittels Biogasproduktion aus C4-Pflanzen große Aufmerksamkeit erregt, aufgrund zahlreicher ökologischer Vorteile. Zudem erlauben die tropischen Klimabedingungen Hawaiis einen ganzjährigen Anbau von mehrjährigen tropischen Energiepflanzen.

Allerdings variieren der Biomassertrag sowie die Biomassezusammensetzung lignocellulosehaltiger Energiepflanzen. Entscheidend sind dabei die Faktoren Pflanzenart, Pflanzenbau, Pflanzenalter, Standort, Umweltbedingungen und Pflanzenteile. Dies beeinflusst die anaerobe Abbaubarkeit und damit den Biogasertrag stark. Bisher ist nur wenig bekannt zur Zusammensetzung und anaeroben Abbaubarkeit der verschiedenen Pflanzenteile tropischer Energiepflanzen bei verschiedenen Erntezeitpunkten und Standorten. Informationen darüber würden helfen standortangepasste Energiepflanzen für die Biogasproduktion zu finden.

In diesem Projekt wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Standorte, Erntezeitpunkte und Pflanzenteile (Blatt und Stängel) der mehrjährigen C4-Gräser Zuckerrohr (*Saccharum* spp.) und Napiergras (*Pennisetum purpureum*), auf ihre Zusammensetzung und ihren anaerobe Abbaubarkeit hin untersucht. Die Biomasseproben wurden an drei Standorten der Insel Maui, Hawaii, USA, genommen und an der Universität von Hawaii auf ihren Fasergehalt (nach der ANKOM Methode) hin untersucht. Der Methanertrag wurde an der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie der Universität Hohenheim mittels des Hohenheimer Biogasertragstest bestimmt.

Die Energiepflanzen und Ihre Pflanzenteile unterschieden sich signifikant in ihrer Zusammensetzung und ihrem Methanertrag. Dies lässt darauf schließen, dass diese später unterschiedliche Aufbereitungs- oder Konversionstechnik benötigen werden, um die Energieausbeute zu maximieren.



Der Anbau von Napiergras auf der Versuchsstation Waimanalo, Hawaii
(<http://www2.hawaii.edu/~khanal/biofuel/feedstock.html>)

Partner:
University of Hawai'i at
Mānoa,

Laufzeit:
Jan. 2016 – Aug. 2016

Beschaffung des Forschungsgrößgerätes „Biogas-BHKW“

Im Auftrag des Rektorates übernimmt die Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie die betriebliche Leitung sowie die Koordination der Forschungsprojekte an der Biogasanlage „Unterer Lindenhof“. Dieses Forschungsgrößgerät befindet sich im Eigentum der Universität Hohenheim. Im Jahr 2016 war die Erweiterungsplanung der Anlage eine besondere Aufgabe der Landesanstalt.

Im Jahr 2016 wurden an der Biogasanlage zahlreiche technische Anpassungen vorgenommen. So wurde zunächst im Zeitraum Mitte Januar bis Ende Februar das neue BHKW installiert, das über eine elektrische Leistung von 355 kW verfügt. Dazu war es notwendig die gesamte Peripherie des BHKW (Gasregelstrecke, Aktivkohlefilter und Messinstrumentarium) zu ersetzen. Das neue BHKW ermöglicht nun Untersuchungen zur Integration der Bioenergie in virtuelle Kraftwerke und eine bedarfsorientierte Strom- und Wärmeproduktion. Durch die gleichzeitige Anpassung der zentralen Anlagensteuerung können nun tagesindividuell stundengenaue Leistungskurven vorgegeben werden und deren Einflüsse auf Wirkungsgrade, Emissionen, Wartungskosten etc. untersucht werden. Damit bleibt die Forschungsbiogasanlage ein hoch aktuelles Reallabor.

Mit dem Austausch des BHKW wurde auch das Einspeisemanagement des produzierten Stroms geändert. So wurde von einer „Volleinspeisung“ auf eine „Überschusseinspeisung“ umgestellt; d.h. dass nun zunächst der Standort Lindenhof mit Strom versorgt und nur die darüber hinausgehende Strommenge eingespeist.

Bislang wurden an der Forschungsbiogasanlage die flüssigen Gärsubstrate nach der Separation aus dem Nachgärlager in 6 offenen Behältern á 500m³ gelagert. Im Jahr 2016 wurde aus Alterungs- und Umweltschutzgründen gemeinsam mit dem Universitätsbauamt sowie den Ordnungsbehörden der Abriss von 4 Bestandsbehältern und die Planung eines neuen Gärproduktlagers mit einem Volumen von 4.800m³ vorangetrieben. Gleichzeitig musste die über 45 Jahre alte Gülletechnik des Standortes Lindenhof mit der entsprechenden Steuerung neu geplant werden. Die Umsetzung der Baumaßnahme erfolgt im Jahr 2017. Das neue Gärproduktlager ermöglicht voraussichtlich ab Herbst 2017 eine Lagerdauer der Gärprodukte von 270 Tagen. Gleichzeitig wird das Gasspeichervolumen erheblich gesteigert, so dass die tagesindividuelle Betriebsweise des BHKW noch besser an den Bedarf und die Forschungsaufgaben angepasst werden kann.



Neues Gas-Otto-BHKW an der Forschungsbiogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 355 kW



Dr. sc. agr. Andreas
Lemmer



Dr. sc. agr. Hans-
Joachim Nägele

Förderung:
Universität Hohenheim

Laufzeit:
Beantragt 2014 - Realisierung 2016

Das chemische Labor der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie



Dipl.-Biol. Annette Buschmann



Jacqueline Kindermann



Inga Buschmann

Die prozessbiologische Beurteilung von Fermentationsvorgängen zur Silierung, Biogasproduktion oder zur biologischen Produktion von Plattformchemikalien, setzt eine exakte Kenntnis der im Prozess gebildeten Intermediate sowie der Eingang- und Ausgangsstoffe voraus. Die dazu notwendigen Analysen werden im chemischen Labor der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie durchgeführt. Die Laboranalytik wurde in den vergangenen Jahren kontinuierlich weiter entwickelt, da aus Universitäts- und Drittmitteln moderne Geräte beschafft werden konnten. Folgende Geräte und Auswertemethoden sind verfügbar:

zwei Gaschromatographen (GC) zur Bestimmung der Gehalte an flüchtigen Fettsäuren im Fermentersubstrat, wichtige Parameter zur Beurteilung der biologischen Stabilität des Biogasprozesses,

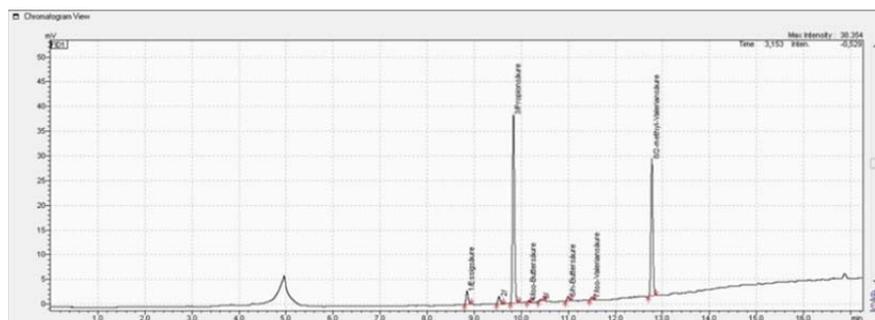
ein Hochdruckflüssigkeitschromatograph (HPLC) mit dessen Hilfe sowohl Fettsäuren (incl. Milchsäure), Alkohole als Metaboliten des Biogasprozesses sowie speziell auch nicht flüchtige Verbindungen wie z.B. verschiedene Zucker analysiert werden können,

ein vollautomatisches Titrationssystem zur Bestimmung der Pufferkapazität von Fermenterinhalt,

ein leistungsstarker Analysator zur simultanen Analyse von Gesamtkohlenstoff (TC), anorganischem Kohlenstoff (TIC) sowie Gesamtstickstoff (TN) in wässrigen Proben plus des TC-Gehaltes in Feststoffproben, ein Aufschluß- und Destilliersystem zur Bestimmung des Gesamtstickstoffs und des Ammoniumstickstoffs sowohl wässriger als auch fester Proben mittels Kjeldahlmethode.

Nahezu alle Geräte sind mit Autosamplern ausgestattet, die, nach der Probenvorbereitung, eine vollautomatische Bestimmung ermöglichen und so den Probendurchsatz erheblich erhöhen.

Im Jahr 2016 lag ein Fokus der Arbeiten zur Erweiterung des Analysespektrums auf dem Ausbau der HPLC zur Bestimmung des Mannitolgehaltes von Silagen. Die Menge der gebildeten Alkohole während der Silierung hat einen erheblichen Einfluss auf die Silierverluste sowie die Trocknungsverluste bei der TS-Bestimmung. Im Gegensatz zu sonstigen Silagen stellt Mannitol bei Zuckerrüben massenbezogen die größte Alkoholfraktion in den Silagen dar. Bisher existierte keine Methode, mit der dieser Alkohol in Silagen bestimmt werden kann. Durch die Erweiterung der bestehenden HPLC um eine zweite Säule (Kalzium-Säule) mit Flussmittel HPLC-Wasser wurden die notwendigen gerätetechnischen Voraussetzungen geschaffen. Da die Bestimmung der Zucker und Alkohole durch die gebildeten Gärssäuren gestört wird, müssen diese vor der Analyse über einen Anionenaustauscher aus der Probe entfernt werden. Durch das Entwickeln dieser neuen Analysemethode gemeinsam mit den Geräteherstellern konnte die Analytik des Labors in 2016 erneut erweitert werden.



Chromatogramm der GC-Analyse einer Fermenterprobe der Biogasanlage Unterer Lindenhof

Mitveranstaltete Tagungen

- **Biogas Info Tage**
13.-14.01.2016
Messe Ulm, Ulm, veranstaltet zusammen mit dem renergie Allgäu e.V.
- **ALB Fachtagung - „Melktechnik“**
3. März 2016
Universität Hohenheim, Stuttgart, veranstaltet zusammen mit der ALB Baden-Württemberg
- **ALB Fachveranstaltung - „Aktuelles aus der Hohenheimer Agrarforschung“**
13. April 2016
Deutsches Landwirtschaftsmuseum, veranstaltet zusammen mit der ALB Baden-Württemberg
- **ALB Fachgespräch - „Ferkelerzeugung“**
24. November 2016
Erbach-Dellmensingen, veranstaltet zusammen mit der ALB Baden-Württemberg
- **International Biogas & AD Training Course**
11.-15.04.2016, Stuttgart, Universität Hohenheim, veranstaltet mit IBBK

Internationale Gastwissenschaftler an der Landesanstalt

- **Aida Sandybaeva**
„Einfluss magnetischer Felder auf die Kinetik der Biogasproduktion“
Technical State University named by I.Razzakov
Kirgistan
- **Bilhate L. Chala**
„Auswirkungen von Spurenelementen auf den Biogasertrag und die Prozessstabilität bei der Vergärung des Fruchtfleisches und der Schalen von Kaffeeirschen aus Äthiopien“
Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fg. Agrartechnik in den Tropen und Subtropen (440e)
- **Edmond Demollari**
„Evaluation und Optimierung von Indikatorparametern der Biogasproduktion aus landwirtschaftlichen Abfällen“
Landwirtschaftliche Universität Tirana
Albanien
- **Irina Miroshnichenko**
„Methanertragstests russischer Substrate“ und „Untersuchungen zur Prozessstabilität bei vergärung Stickstoffreicher Substrate“
Landwirtschaftliche Landesuniversität Belgorod
Russland
- **Surendra K.C.**
„Co-digestion of animal manure and agricultural residues for enhanced methane production“
University of Hawai'i at Manoa
USA

Social Media

Dr. sc. agr. Hans-Joachim Nägele

Erstellung der Website: <http://www.bioenergieforschungsplattform-bw.de>

im Auftrag des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden Württemberg

Abschlussarbeiten 2016

Promotionsarbeiten

Jonas Lindner

Optimierung der primären Gärung bei zweistufigen Biogasanlagen. Dissertation, Universität Hohenheim.

http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2016/1242/pdf/20160222_Dissertation_Lindner.pdf

Michael Mutombo Mukengele

Biochemical composition of biomass and its impact on the prediction of the specific methane yield potential. VDI-MEG-Schrift, Opus-Eintrag folgt.

Die Promotionen von Mitarbeitern der Landesanstalt an der Fakultät für Agrarwissenschaften wurden vom Oberleiter der Landesanstalt, Herrn Prof. Dr. Thomas Jungbluth wissenschaftlich betreut.

Masterarbeiten

Bing, S.

Untersuchungen zum anaeroben Abbau von Amarantsilage in einer kontinuierlich betriebenen Technikumsanlage

Illi, L.

Kinetik der Biogasproduktion ausgewählter Intermediate im Anaerobfilter

Junho Jeon

Anaerobic Digestion of Jatropha Seed Oil Extraction Residues: Process Stability, Specific Methane Yield and Phorbol Ester Degradation

Kolb, B.

Messung der Strömungsgeschwindigkeit und Erstellung eines Strömungsprofils in Abhängigkeit der Viskosität für einen Biogasfermenter an der Forschungsbiogasanlage „Unterer Lindenhof“.

Luff, K.

Kompetitive Analyse der spezifischen Methanerträge aus kontinuierlichen und diskontinuierlichen Verfahren zur anaeroben Vergärung nachwachsender Rohstoffe

Steinbrenner, J.

Effect of Manganex (II) sulfate, homofermentative enzyling additives and carbonated lime on lactic acid content in maize silage

Steindorf, D.

Städtische Quartiersentwicklung mit effizienten Energiesystemen: Eine Methode zur Priorisierung und Bewertung von Projekten unter ökonomischen, technischen und ökologischen Aspekten.

Bachelorarbeiten

Rapp, T.

Messung der Strömungsgeschwindigkeit und Erstellung eines Strömungsprofils in einem Biogasfermenter für ein neu entwickeltes bionisches Rührwerk in Abhängigkeit der Viskosität: Eine Studie im Praxismaßstab.

Debera, I.

Strömungsgeschwindigkeitsprofile im mechanisch durchmischten Praxis-Biogasfermenter: Evaluation eines magnetisch-induktiven Messverfahrens.

Projektarbeiten

Steinbrenner, J.

Innovative additives for chemical desulphurization in biogas processes: A comparative study on iron compound products

Veröffentlichungen 2016

Peer-reviewed

- Baer, K.; Moers, F.; Graf, F.; Oechsner, H.; Lemmer, A.; Ullrich, T.; Lecker, B.
Möglichkeiten der Integration von Power-to-Gas in die Prozesskette der Biogaserzeugung. *Chemie-Ingenieur-Technik*, 2016, Band 88, Heft 9, S. 1411, DOI: 10.1002/cite.201650361
- Haag, N.L.; Steinbrenner, J.; Demmig, C.; Nägele, H.-J.; Oechsner, H.
Influence on lactic acid content in maize silage variations by manganese supplementation. 2016, *Industrial Crops and Products*, 79, S. 146-151. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.11.030
- Haag, N.L.; Grumaz, C.; Wiese, F.; Kirstahler, P.; Merkle, W.; Nägele, H.-J.; Sohn, K.; Jungbluth, T.; Oechsner, H.
Advanced green biorefining: effects of ensiling treatments on lactic acid production, microbial activity and supplementary methane formation of grass and rye. 2016, *Biomass Conversion and Biorefinery*, 6 (2), S. 197-208. DOI: 10.1007/s13399-015-0178-2
- Haag, N.L.; Steinbrenner, J.; Demmig, C.; Nägele, H.-J.; Oechsner, H.
Influence on lactic acid content in maize silage variations by manganese supplementation. *Industrial Crops and Products*, Volume 79, Januar 2016, S. 146-151, ISSN 0926-6690, DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.11.030
- Holliger, C.; Alves, M.; Andrade, D.; Angelidaki, I.; Astals, S.; Baier, U.; Bougrier, C.; Buffière, P.; Carballa, M.; De Wilde, V.; Ebertseder, F.; Fernández, B.; Ficara, E.; Fotidis, I.; Frigon, J.-C.; De Lacroix, H.F.; Ghasimi, D.S.M.; Hack, G.; Hartel, M.; Heerenklage, J.; Horvath, I.S.; Jenicek, P.; Koch, K.; Krautwald, J.; Lizasoain, J.; Liu, J.; Mosberger, L.; Nistor, M.; Oechsner, H.; Oliveira, J.V.; Paterson, M.; Pauss, A.; Pommier, S.; Porqueddu, I.; Raposo, F.; Ribeiro, T.; Pfund, F.R.; Strömberg, S.; Torrijos, M.; Van Eekert, M.; Van Lier, J.; Wedwitschka, H.; Wierinck, I.
Towards a standardization of biomethane potential tests. 2016, *Water Science and Technology*, 74 (11), S. 2515-2522. DOI: 10.2166/wst.2016.336
- Khan, M.T.; Brule, M.; Maurer, C.; Argyropoulos, D.; Müller, J.; Oechsner, H.
Batch anaerobic digestion of banana waste - energy potential and modelling of methane production kinetics. 2016, *CIGR open access*, 18/1, S. 110-128
- Krümpel, J.; Schäufele, F.; Schneider, J.; Jungbluth, T.; Zielonka, S.; Lemmer, A.
Kinetics of biogas production in Anaerobic Filters. 2016, *Bioresource Technology*, 200, pp. 230-234. DOI: 10.1016/j.biortech.2015.10.030
- Lemmer, A.; Oechsner, H.; Ullrich, T.; Lecker, B.
Fermentative Power-to-Gas-Konzepte: Effiziente Vektortechnologien zur Verknüpfung der Strom- und Erdgasnetze. 2016, *Chemie-Ingenieur-Technik*, Band 88, Heft 9, S. 1410, DOI: 10.1002/cite.201650498
- Lindner, J.; Zielonka, S.; Oechsner, H.; Lemmer, A.
Is the continuous two-stage anaerobic digestion process well suited for all substrates? 2016, *Bioresource Technology*, 200, S. 470-476, DOI: 10.1016/j.biortech.2015.10.052
- Mauky, E.; Weinrich, S.; Nägele, H.-J.; Jacobi, H.F.; Liebetrau, J.; Nelles, M.
Model Predictive Control for Demand-Driven Biogas Production in Full Scale. 2016, *Chemical Engineering and Technology*, 39 (4), pp. 652-664. DOI: 10.1002/ceat.201500412
- Merkle, W.; Baer, K.; Haag, N.L.; Zielonka, S.; Ortloff, F.; Graf, F.; Lemmer, A.
High-pressure anaerobic digestion up to 100 bar: influence of initial pressure on production kinetics and specific methane yields. 2016; *Environmental Technology*; S. 1-8. DOI: 10.1080/09593330.2016.1192691
-

Miroshnichenko, I., Lindner, J., Lemmer, A., Oechsner, H., Vasilenko, I.

Untersuchung der anaeroben Vergärbarkeit von Zuckerrübenschnitzeln in Russland. 2016, Landtechnik, 71; S. 175-185

Sawatdeenarunat, C.; Nguyen, D.; Surendra, K.C.; Shrestha, S.; Rajendran, K.; Oechsner, H.; Xie, L.; Khanal, S.K.

Anaerobic biorefinery: Current status, challenges, and opportunities. 2016, Bioresource Technology, Band 215, S. 304-313, DOI: 10.1016/j.biortech.2016.03.074

Suwelack, K.; Wüst, D.; Zeller, M.; Kruse, A.; Krümpel, K.

Hydrothermal carbonization of wheat straw-prediction of product mass yields and degree of carbonization by severity parameter. 2016, Biomass Conversion and Biorefinery, 6/3, S. 347-354

Sonstige Veröffentlichungen

Baer, K.; Moers, F.; Graf, F.; Oechsner, H.; Lemmer, A.; Ullrich, T.; Lecker, B.:

Möglichkeiten der Integration von power –to-gas in die Prozesskette der Biogaserzeugung. In: Chemie Ingenieurtechnik 2016, 88, Nr. 9, S 1409-1413

Elsner, D.; Oechsner, H.:

Chemischer Energiespeicher Methan – Biogas kann überschüssige Solar- und Windenergie speichern. In LTV Lebensmittelindustrie, 7-8, 2016, S. 26-27.

Miroshnichenko, I.; Lindner, J.; Lemmer, A.; Oechsner, H.; Wasikenko, I.:

Anaerobic digestion of sugarbeet pulp in russia. Untersuchungen der anaeroben Vergärbarkeit von Zuckerrübenschnitzeln in Russland. In: Landtechnik 71 (6/2016), S. 175-185.

Oechsner, H.

Fachgespräch "Ferkelerzeugung": am 24.11.2016 in Erbach-Dellmensingen : Kurzfassungen / Veranstalter: ALB Baden-Württemberg e.V. ; fachliche Bearbeitung: Dr. Hans Oechsner]

Oechsner, H.:

Determination of residual gas / residual methan potential. In: DBFZ: Collection of methods for biogas – methods to determine parameters for an analysis purposes and parameters that describe processes in the biogas sector. Heft Nr. 7 in: Series of the funding program "Biomass Energy Use", Page 172-176

Oechsner, H.:

Aktuelle Forschung der Landesanstalt zu Biogas und zur Bioökonomie in: ALB-Fachveranstaltung „Aktuelles aus der Hohenheimer Agrarforschung“ am 13.04.2016 im Deutschen Landwirtschaftsmuseum, Homepage der ALB Baden-Württemberg – Beiträge zum Download: www.alb-bw.uni-hohenheim.de/download.html

Oechsner, H.:

Forschungsinitiativen und Projekte zur Biogasnutzung in 11. Biogastag Baden-Württemberg am 01.03.2016, Download auf Fachverband Biogas: www.biogas.org

Oechsner, H.; Mönch-Tegeger, M.:

Biogasgeneration with fibres substrate – a study with horse manure. In: Tagungsband zum International workshop on sustainable rural energy supply solutions am 23.03.2016 an Earth University, Costa Rica

Konferenz-/Tagungsbeiträge

Chala, B; Latif, S; Oechsner, H; Müller, J.

Biogas yield potential of by-products from primary coffee processing. 2016, 24th EUBCE 2016, 6 – 9.06.2016, Amsterdam, Tagungsbandbeitrag

Illi, L.; Lecker, B.; Oechsner, H.

Power-to-Gas: Wasserstoffmethanisierung bei zweistufiger Prozessführung. Vortrag, 2. Fachforum Biologische Methanisierung, OTTI e.V., 25.10.16, Regensburg

Illi, L.; Lecker, B.; Oechsner, H.

Power-to-Gas: Von Wasserstoff zu Methan mit Hilfe von Biogas. Projekttafel (durch FNR), Internationale Fachmesse EnergyDecentral, 15.-18. November 2016, Hannover

Kress, P.

Neues aus der Biogasforschung: Effizienzsteigerung durch Optimierung der Rührtechnik & Flexible Stromerzeugung durch flexible Fütterung. Biogasstammtisch Kupferzell, Kupferzell, 14.12.2016. Vortrag

Lecker, B.; Lemmer, A.; Oechsner, H.:

Biologische Wasserstoffmethanisierung und power-to-gas – Zukunftschancen für die Biogastechnologie – erste Untersuchungsergebnisse. Renergie, Biogas Infotage 13.-14.01.2016, Messegelände Ulm

Lemmer, A.

Kleine Biogasanlagen – auf was muss man achten?. Biogas Infotage der renergie Allgäu e.V., Ulm, 13.01.2016

Lemmer, A.

Forschungsarbeiten der Landesanstalt im Bereich Biogas. Biogas Infotage der renergie Allgäu e.V., Ulm, 14.01.2016

Lemmer, A.

Forschungsbiogasanlage „Unterer Lindenhof“: Vorstellung eines modernen Forschungsgrößgerätes der Biogaserzeugung und –nutzung. DLG-Tagung Separation, Groß-Umstadt, 02.02.2016

Lemmer, A.

BioElektroGas – Bioelektrochemische Produktion von hochreinem Biogas aus Abfallstoffen. Statuskolloquium Umweltforschung Baden-Württemberg 2016, Karlsruhe, 03.02.2016

Lemmer, A.

Prozessoptimierung in Biogasanlagen – mechanische und biologische Verfahren im Vergleich. Biogasstammtisch der Officialberatung Baden-Württemberg, Steinenkirch, 25.02.2016

Lemmer, A.

Forschungsinitiativen und –projekte zur Biogasnutzung., 10. Biogastag Baden-Württemberg, Hohenheim, 03.03.2016

Lemmer, A.

Biogasherstellung: aktueller Stand, Zielsetzung und Forschungsrichtungen. Landesakademie Esslingen, Sanitärtechnisches Kolloquium, Stuttgart, 13.04.2016

Lemmer, A.

Prospects of biogasproduction and upgrading. International Biogas Operating and Engineering Course, Stuttgart, 15.04.2016.

Lemmer, A.

Use of municipal solid waste for biogas production: a case study in Moshi, Tansania.: Tübingen, Department of Arts and Culture, 17.10.2016

Lemmer, A.

Advanced biogas course: Process biology, planning of biogas stations, feedstock and pretreatment, biogas utilization. VIII Encuentro de la REDBIOLAC, San Jose, Costa Rica, 07.-08.11.2016

Lemmer, A.

High-Pressure Fermentation and power-to-gas: Novel technologies for the production of biomethane. VIII Biogas conference Latin America and Caribbean, San Jose, Costa Rica, 10.11.2016

Lemmer, A.

Shredlage – Einfluss eines neuen Häckselkonzepts auf den Biogasertrag von Maissilage. VdAW – Mitgliederversammlung Fachgruppe Lohnunternehmer 2016. Stuttgart-Hohenheim, 13.12.2016. Vortrag

Lindner, J., Mönch-Tegeder, M., Lemmer, A., Oechsner, H.

Steigerung des Methanertrages durch mechanische Substrat- und Gärrestaufbereitung, Biogas Infotage 2016, Ulm, 14.01.2016

Lindner, J., Mönch-Tegeder, M., Lemmer, A., Oechsner, H.

Gärprodukt aufbereitet und rezirkuliert: Bringt das mehr Biogas, ist das effizient? Biogastag Baden-Württemberg, Stuttgart, 01.03.2016

Merkle, W.

„Konzept der Hochdruckfermentation zur Herstellung, Aufreinigung und Druckerhöhung von Biogas in Kompaktanlagen“. Biogas-Tage Oberschwaben, Bad Waldsee, 03.01.2016, Vortrag.

Merkle, W.

„Effects of high-pressure anaerobic digestion up to 30 bar on pH-value, solubility of CO₂ and specific methane yield“. 3rd International Conference on Renewable Energy Gas Technology, Malmö, 10.&11.05.2017, Poster

Nägele, H.-J.

Flexibilisierung der Biogasproduktion – speziell durch Anpassung der Substratfütterung, Biogas Infotage 2016, 13. - 14. Januar 2016 – Messegelände Ulm

Nägele, H.-J.

Energieeffizienz im Betriebszweig Biogas. Energieeffizienzberatung in der Landwirtschaft, 23.02.2016 – LEL Schwäbisch Gmünd

Nägele, H.-J.

Strömungsverhalten von Gärsubstraten in Abhängigkeit der Rührwerkstechnik. 7. Triesdorfer Biogastag, 16.01.2017

Nägele, H.-J.

Einfluss einer flexiblen Fütterung auf Gasproduktion und Gasqualität. 7. Triesdorfer Biogastag, 16.01.2017

Nägele, H.-J.; Kress, P.

Studie zu Effizienzmessung eines neuartigen Rührwerks für Substrate in Biogasanlagen und zu Strömungsverhalten. Statuskolloquium Umweltforschung Baden-Württemberg 2016, Karlsruhe, 03. – 04.02.2016.

Oechsner, H.; Ruile, S.:

Trocknung von Gärrest – Verfahren, Wirkungsweisen und Energiebedarf. Renergie, Biogas Infotage 13.-14.01.2016, Messegelände Ulm

Oechsner, H.:

Restgaspotenzial von Biogasanlagen – wo liegen die Schwachpunkte, Lösungsansätze? Datenerhebung bei 25 Biogasanlagen. Biogas Infotage 13.-14.01.2016, Messegelände Ulm

Oechsner, H.:

Aktuelle Forschung der Landesanstalt zu Biogas und zu Bioökonomie. In: ALB-Fachveranstaltung „Aktuelles aus der Hohenheimer Agrarforschung“ am 13.04.2016 im Deutschen Landwirtschaftsmuseum

Oechsner, H.:

Forschungsinitiativen und Projekte zur Biogasnutzung. In 11. Biogastag Baden-Württemberg am 01.03.2016

Oechsner, H.:

Influencing factors on the digestion process, optimization of biogas processes and process monitoring. Vortrag bei: International workshop on sustainable rural energy supply solutions – agro waste as an energy source for biogas production. 21 - 23.03.2016 an Earth University, Costa Rica

Oechsner, H.:

Biogas of fibrous substrates. Vortrag bei International workshop on sustainable rural energy supply solutions – biogas of fibres substrate – at example of horse manure. 21 - 23.03.2016 an Earth University, Costa Rica

Oechsner, H.:

Biological methanisation of hydrogen for long time storing of bioenergy. In: 3. German – Chinese – Workshop on biotechnology in bioeconomy. 10.-12.10.2016, Universität Hohenheim

Oechsner, H.:

Die besonderen Gäreigenschaften von Gülle und Festmist – Wirkungen auf Anlagentechnik und das Gesamtanlagensystem. Vortrag bei 26. Biogas Convention, 15.-18.11.2016, Workshop 6: Tierhaltung und Biogas – Effekte und Wirkungen, Hannover

Die Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie

Leitung

Dr. sc. agr. Hans Oechsner

Oberleitung

Prof. Dr. sc. agr. Thomas Jungbluth

Stellvertretender Leiter

Dr. sc. agr. Andreas Lemmer

Sekretariat

Margit Andratschke

Wissenschaftliche Mitarbeiter, Post-Docs

Dr. sc. agr. Nicola Leonard Haag (Post-Doc)

Dr. sc. agr. Hans-Joachim Nägele (Post-Doc)

Dr. sc. agr. Jonas Lindner (Post-Doc)

Dr. sc. agr. Simon Zielonka (Post-Doc)

Laboringenieur/in

Dr. sc. agr. Annett Reinhardt-Hanisch, Mitarbeiterin am Institut für Agrartechnik (Verfahrenstechnik Tierhaltungssysteme)

Doktoranden/innen¹⁾

M.Sc. Benedikt Hülsemann

M.Sc. Bernhard Lecker

M.Sc. Elzbieta Kumanowska

M.Sc. Ievgeniia Morozova

M.Sc. Johannes Krümpel

M.Sc. Jörg Steinbrenner

M.Sc. Lijun Zhou

M.Sc. Lukas Illi

M.Sc. Natali Böttcher

M.Sc. Padma Priya Ravi

M.Sc. Philipp Kress

M.Sc. Timo Ullrich

M.Sc. Wolfgang Merkle

Technische Mitarbeiter/innen und Projektassistentin

Dipl.-Ing. agr. Christof Serve-Rieckmann

B.Sc. Daniel Riehle

B.Sc. Armin Kinigadner

B.Sc. Florian Siemeister

Jochen Harder

CTAssistentinnen

Dipl.-Biol. Annette Buschmann

Christine Baur

Jacqueline Kindermann

Inga Buschmann (Praktikantin)

¹⁾ Promotionsarbeiten unter wissenschaftlicher Betreuung von Prof. Dr. Thomas Jungbluth

Besucheranschrift:

Universität Hohenheim
Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie
Garbenstraße 9
70599 Stuttgart

Postanschrift:

Universität Hohenheim (740)
70593 Stuttgart

Tel.: +49 (0)711 459-22683

Fax.: +49 (0)711 459-22111

Email: la740@uni-hohenheim.de

Homepage: www.uni-hohenheim.de/labioenergie



Von links nach rechts

- Hintere Reihe: Prof. Dr. Thomas Jungbluth, Christof Serve-Rieckmann, Daniel Riehle, Dr. Hajo Nägele, Philipp Kress, Florian Siemeister, Benedikt Hülsemann
- Mitte: Dr. Hans Oechsner, Jacqueline Kindermann, Annett Reinhardt-Hanisch, Bernhard Lecker, Jörg Steinbrenner, Timo Ullrich, Dr. Jonas Lindner, Dr. Wolfgang Merkle
- Vorne: Huicai Cheng, Lijun Zhou, Margit Andratschke, Padma Priya Ravi, Annette Buschmann, Lukas Illi, Armin Kinigadner, Dr. Andreas Lemmer
- Es fehlen: Dr. Simon Zielonka, Elzbieta Kumanowska, Ievgenia Morozova