



UNIVERSITÄT  
HOHENHEIM

200  
1818  
2018  
JAHRE



# Jahresbericht 2017

## Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie



Universität Hohenheim  
Landesanstalt für Agrartechnik und  
Bioenergie (740)

  
**LANDESANSTALT**  
für Agrartechnik  
& Bioenergie



## Die Landesanstalt für Agrartechnik & Bioenergie

Die Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie ist eine besondere Einrichtung der Universität Hohenheim und hat satzungsgemäß folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Praxisnahe Forschung
- Spezialberatung für die baden-württembergische Landwirtschaft
- Technische Beratung von landwirtschaftlichen Gewerbe- und Industriebetrieben
- Fortbildung der Lehr- und Beratungskräfte der Landwirtschaftsverwaltung in Bezug auf den Stand der Technik und neue Versuchsergebnisse



Da die Landesanstalt sich seit vielen Jahren speziellen Themenfeldern wie der Biogasproduktion und Fragen der Bioökonomie widmet, hat sich das genannte Aufgabenspektrum in den vergangenen Jahren deutlich erweitert. Die Beteiligung an der Lehre zum Thema Biogas sind in Zusammenarbeit mit Prof. Thomas Jungbluth und Prof. Joachim Müller für die Studierenden der NAWARO-Studiengänge und der Agrarwissenschaften zu einem festen Bestandteil der Studienpläne geworden. Studierende fertigen im Rahmen von Forschungsprojekten ihre Bachelor- und Masterarbeiten an und sammeln bei der Mitarbeit als wissenschaftliche Hilfskräfte an der Landesanstalt wertvolle Erfahrungen.

Das Jahr 2017 war ein besonders aktives Jahr für die Landesanstalt. Es war geprägt von einer Reihe von nationalen und internationalen Veranstaltungen. Besonderes Highlight stellte die internationale Tagung „Progress in Biogas IV“ dar, die vom 8. bis 10. März an der Universität Hohenheim zusammen mit dem IBBK durchgeführt wurde. Die dreizügige Veranstaltung bot Raum für insgesamt 73 Vorträge, 17 Kurzvorträge und etwa 60 Poster. Der zusätzliche Ausstellungsraum für Firmen bot Gelegenheit zur Diskussion mit den Herstellern von Messtechnik bis zu vollständigen Biogasanlagen. Am dritten Tag der Veranstaltung wurden den Teilnehmern vier praxisnahe Workshops zu den Themenfeldern Hygiene, Stickstofffreie Substrate, Messtechnik, Prozessstabilität und mechanische Aufbereitungstechnik angeboten. Am Kongress nahmen über 300 Teilnehmer aus 32 Ländern teil. In Verknüpfung zu diesem Kongress wurde ein Sonderheft im wissenschaftlichen Journal Bioresource Technology (BITE) erstellt. Darin wurden insgesamt sechs Beiträge der Forscher der Landesanstalt aufgenommen. Vor der Tagung Progress in Biogas IV fand das „Great Cycle Meeting“ in Hohenheim statt. Bei diesem Arbeitsgruppentreffen der Chinesischen Agraruniversität Peking (CAU) und Hohenheim, an dem auch Gäste aus verschiedenen Ländern teilnahmen, wurde über Kreislaufprozesse bei der landwirtschaftlichen Verwertung von organischen Stoffen diskutiert und Lösungen gesucht. Zwei Veranstaltungen für den deutschsprachigen Bereich: „Biogas-Infotage Ulm“ und der „Hohenheimer Biogastag“, bei denen die Landesanstalt Mitveranstalter ist, ermöglichten einen direkten Transfer neuer Erkenntnisse an die Praxis.

Die Landesanstalt ist verantwortlich für die wissenschaftliche Betreuung der Forschungsbiogasanlage an der Versuchsstation Lindenhöfe. Es war dringend erforderlich, die alten Lagerbehälter für Gärrest aus den 60er Jahren durch moderne Behälter mit Leckageerkennung und gasdichter Dachausführung zu ersetzen. Damit wird zusätzliche Sicherheit und eine erhebliche Verbesserung der Umweltauswirkungen der Biogasanlagen erreicht. Eine Lagerung des Gärrestes ist nun bis zu 9 Monaten möglich. Es wird außerdem die gesamte Güllepumpentechnik erneuert und ein Prüfstand für Separatoren aufgebaut. Damit können die Nährstoffe effizienter als bisher eingesetzt werden und schonen die Umwelt. Aus dem gasdicht geschlossenen Bereich können keine Gase entweichen. Der große Gasraum (1.800 m<sup>3</sup>) erlaubt die Zwischenlagerung des entstehenden Biogases und dessen anschließende, gezielte Verwertung im Blockheizkraftwerk (BHKW). Die Erneuerung der Substrateinbringentechnik erweitert die Betriebsflexibilität erheblich. Strom kann nun leichter flexibel und angepasst an den Bedarf der Versuchsstation erzeugt werden. Für die Überwachung des Umbaus des Lagerbehälters und die Inbetriebnahme sind Dr. Lemmer und Dr. Nägele zuständig.

Es ist außerdem gelungen, Fördergelder für eine verbesserte Laborausstattung in Hohenheim einzuwerben. Das seit längerem geplante und nun optimal ausgestattete Biogaslabor für Methanertragstests konnte im Sommer 2017 be-

zogen werden. Durch die zusätzliche Beschaffung eines Kryothermostat-Inkubators kann das Emissionspotenzial von Praxisbiogasanlagen exakt bestimmt werden. Für HBT-Tests stehen nun mehr als 750 Kleinfementer zur Verfügung, was eine parallele Untersuchung von 250 Substraten erlaubt. Ein weiterer 2-Kanal Mikro-GC erleichtert die Bestimmung der Zusammensetzung von Biogas. Ein Potenziostat ermöglicht exakte Untersuchungen im Bereich der MFC (Mikrobielle Brennstoffzelle). Ein ICP-MS-Gerät mit zugehöriger Probenaufbereitungstechnik ergänzt bisher fehlende Messmöglichkeit zur Analyse von Elementen, bspw. von Spurennährstoffen im Biogasprozess. Hierbei sind auch zwei Muffelöfen zu erwähnen, die Altgeräte ersetzen. Sowohl dem Rektorat als auch dem BMBF danke ich für die umfangreiche finanzielle Unterstützung bei der Beschaffung dieser wichtigen Großgeräte!

Biogas erfährt seit mehr als 20 Jahren ein großes Interesse in Deutschland. Durch die gesetzlichen Regelungen des EEG konnte sich die Biogaserzeugung zu einem wichtigen Standbein vieler landwirtschaftlicher Betriebe entwickeln. Heute existieren mehr als 9000 landwirtschaftliche Biogasanlagen, an denen Biogas überwiegend über BHKW in Strom und Wärme umgewandelt wird. Ergänzend wird an etwa 200 großen Anlagen auch Biomethan erzeugt und in das Erdgasnetz eingespeist. Etwa 6 – 7% des deutschen Stromverbrauchs stammen derzeit aus Biogas. Die Landesanstalt hat zu dieser höchst positiven Entwicklung durch Forschung und Beratung, Aufzeigen der ökonomischen und fachlichen Grenzen maßgeblich beigetragen. Bei der jüngsten politischen Entscheidung, die Unterstützung von Biogasstrom zukünftig über das EEG einzuschränken wurde nicht bedacht, dass damit eine wichtige und exzellente Quelle erneuerbarer Energien nach Ablauf von 20 Betriebsjahren Schritt für Schritt wegfällt. Eine kontinuierliche Reduzierung der Produktionskosten je kWh Biogasstrom, wie ursprünglich angedacht, konnte bisher nicht erreicht werden, da die durchaus vernünftigen Auflagen für den Bau und Betrieb der Fermenter (Leckage-Erkennung, Sicherheitsauflagen, Wartungs- und Kontrollaufwand, Überbauung, ...) regelmäßig erhöht wurden und sich somit die Investitionskosten in den letzten 15 Jahren mehr als verdoppelt haben. Gleichzeitig verbesserte sich die technische Zuverlässigkeit, Flexibilität sowie die Sicherheit der Anlagen jedoch beträchtlich.

Die gesetzlichen Veränderungen erfordern erneute Forschungstätigkeit, um einen schnellen Wegfall der Technologie nach Ablauf der 20 Jahre EEG-Laufzeit zu verhindern. Die Landesanstalt hat sich an drei neuen Forschungsprojekten im Rahmen der „Post-EEG-Ausschreibung“ beteiligt. Dabei sollen Perspektiven für existierende Biogasbetriebe aufgezeigt und in Machbarkeitsstudien überprüft werden, um weiterhin eine ökonomische Produktion dieses hervorragenden „Ökostroms“ zu ermöglichen und Wertschöpfung für die landwirtschaftlichen Betriebe in Baden-Württemberg sicherzustellen.

Es ergeben sich aufgrund des verstärkten internationalen Engagements der Landesanstalt kontinuierlich neue Forschungsansätze für die Ausschöpfung bisher ungenutzter Potenziale z.B. in tropischen Ländern. Hier ist bspw. an Nebenprodukte der Frucht- und Nahrungserzeugung gedacht. Diese internationale Aktivität ergänzt sich hervorragend mit den regionalen Forschungsaktivitäten und ebnet deutschen Biogasunternehmen einen Weg, neue Märkte zu erschließen.

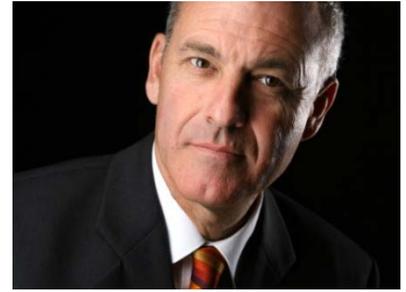
Das sehr engagierte und höchst motivierte Team der Landesanstalt stellt sich bereitwillig neuen Herausforderungen und versucht, die Situation der landwirtschaftlichen Betriebe und der Biogasanlagenbetreiber zu stärken. Wir greifen gerne Ihre Anregungen auf und sind offen für eine partnerschaftliche Kooperation mit Forschungs- und Industriepartnern in Deutschland und weltweit.



Dr. Hans Oechsner  
Leiter der Landesanstalt

## Wechsel des Oberleiters der Landesanstalt

Gemäß der Satzung der Landesanstalt hat der Oberleiter die Aufgabe, die Arbeit der Landesanstalt mit der Arbeit der Universität und insbesondere mit dem Institut für Agrartechnik zu koordinieren. Darüber hinaus vertritt er die Belange der Landesanstalt in den Gremien der Universität, denen er angehört. Diese Aufgabe hat Herr Professor Jungbluth im März 1992 übernommen. Schwerpunkt der damaligen Landesanstalt für landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen war bereits zu diesem Zeitpunkt der Themenbereich erneuerbare Energien. Besonders umfangreiche Projekte befassten sich mit der Nutzung von kaltgepresstem Pflanzenöl in speziellen, angepassten Dieselmotoren für Traktoren. Hinzu kamen, die Ernte und Aufbereitung von Flachs und die thermische Verwertung nachwachsender Rohstoffe. Der zunächst in den 90er Jahren kleine Forschungsbereich der Biogaserzeugung gewann durch ein kontinuierlich ansteigendes Interesse der Landwirte zunehmend an Bedeutung und an Wirtschaftskraft.



In den folgenden Jahren wurde der Schwerpunkt Biogas weiter ausgebaut. Es wurden Labore modernisiert, zum Teil automatisiert und es konnten neue Messgeräte beschafft werden. An der Entwicklung von Messmethoden wurde mitgearbeitet, die wie z.B. die VDI-Richtlinie 4630 wegweisend sind. Die Landesanstalt entwickelte sich unter ihrem jetzigen Leiter, Herrn Dr. Oechsner, und seinem Stellvertreter, Herrn Dr. Lemmer, zu einer der führenden Forschungsinstitutionen im Bereich Biogas. Als ein wichtiges Instrument hierzu konnte gemeinsam mit großer Unterstützung der Universitätsleitung 2008 die Forschungsbiogasanlage am Unteren Lindenhof erstellt werden. Diese konnte sowohl einen Teil der Energie für die Versuchsstation erzeugen und diente mehr und mehr zur Demonstration und für die Ausbildung der Studierenden. Zeitgleich zum Bau der Forschungsbiogasanlage wurde vom Ministerium für Ernährung und ländlichen Raum im Rahmen der baden-württembergischen Zukunftsoffensive IV eine „Bioenergieforschungsplattform“ ins Leben gerufen, die die Thematik „Erneuerbare Energie“ mit dem Schwerpunkt Biogas in einem Verbund der wichtigsten und namhaftesten Forschungsinstitute des Landes erarbeitete und die von der Landesanstalt koordiniert wurde.

Diese praxisnahe Forschung ist der originäre satzungsgemäße Auftrag der Landesanstalt. Zunehmend wurde aber auch deutlich, dass zukunftsorientierte Aufgabenfelder speziell auch in Zusammenhang mit der Weiterentwicklung der Biogastechnologie nicht ohne die Ausweitung auf den Bereich der Grundlagenforschung möglich sein werden. Beispiele hierfür sind die innovative Hochdruckmethanisierung, die Wasserstoffmethanisierung als Element der Power to Gas Technologie sowie die Kaskadennutzung der Substrate mit dem Ziel, weitere Wertschöpfung für die landwirtschaftlichen Betriebe durch Erzeugung von Plattformchemikalien zu ermöglichen. Diese neue Aufgabe spiegelt sich zum einen in der stark gestiegenen Zahl der Doktoranden wider, die an der Landesanstalt in Projekten tätig sind, aber auch in der Zahl der referierten, wissenschaftlichen Publikationen. Diese wissenschaftliche Leistung sichert der Landesanstalt eine sehr gute Position in der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft und innerhalb der Universität Hohenheim.

Ihr umfangreiches Wissen bringen die Mitarbeiter der Landesanstalt neben der Ausbildung der Doktoranden auch in die Lehre der Fakultät Agrarwissenschaften ein. Sie leisten dazu wesentliche Beiträge in den Studiengängen Allgemeine Agrarwissenschaften, Fachrichtung Agrartechnik, Bachelor und Masterstudiengängen Nachwachsende Rohstoffe und Bioenergie. Darüber hinaus bieten sowohl die praxisnahen als auch die Grundlagenprojekte hervorragende Möglichkeiten für Studierende, ihre Abschlussarbeit in einem zukunftsorientierten Themengebiet anzufertigen.

Mit dem Ausscheiden von Herrn Prof. Thomas Jungbluth aus dem aktiven Dienst, geht die Oberleitung der Landesanstalt mit Wirkung vom 01. April 2018 auf Herrn Professor Joachim Müller vom Institut für Agrartechnik über. Prof. Joachim Müller ist ebenfalls seit vielen Jahren im Bereich der erneuerbaren Energien tätig, was neue Synergien ermöglichen sollte.



## Biogas Messprogramm III – Faktoren für einen effizienten Betrieb von Biogasanlagen (BMP III)

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 und den Fütterungsmengen errechnet werden, und den Betriebsdaten dient als Validierung der Messergebnisse. In der im BMP III angesiedelten Promotion werden diese Daten herangezogen und Ursachen für Unterschiede zwischen Labor- und Praxisdaten näher untersucht.

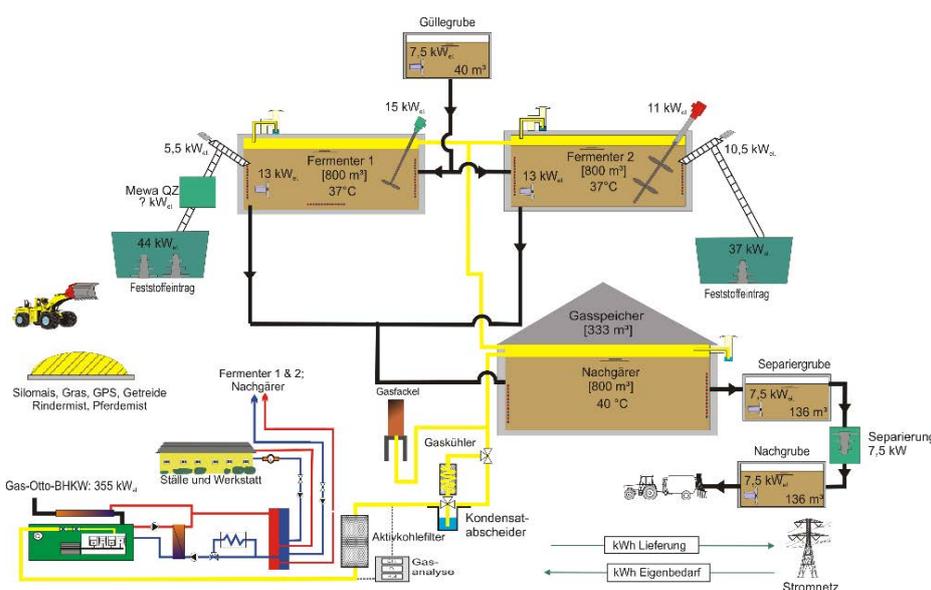


M. Sc. Benedikt Hülsemann

M. Sc. Lijun Zhou

Dr. Hans-Joachim Nägele

Dr. Hans Oechsner



Schema der im Rahmen des BMP III untersuchten Anlage Unterer Lindenhof

Förderung:  
 Fachagentur für  
 Nachwachsende  
 Rohstoffe e.V.

Partner:  
 Deutsches Biomasse  
 Forschungszentrum  
 (DBFZ)  
 Bayerische  
 Landesanstalt für  
 Landwirtschaft (LfL)  
 Kompetenzzentrum  
 Erneuerbare Energien  
 und Klimaschutz  
 Schleswig Holstein  
 (EEK.SH)

Laufzeit:  
 Jan 2016 – Dez 2018

## Das deutsche Biogas Messprogramm III – Ein passendes Programm für China? Biogasanlagenbetrieb und Leistungsbewertung (CBMP)



M. Sc. Lijun Zhou

M. Sc. Benedikt  
Hülsemann

Dr. Hans-Joachim  
Nägele

Dr. Hans Oechsner

Dr. Guo Jianbin (CAU,  
Peking)

Chinas Agrarindustrie produziert jährlich Milliarden Tonnen Biomasseabfälle, die zur Energiegewinnung geeignet sind. Nach dem dreizehnten Fünfjahresplan (2016 - 2020) wird China 6,8 Milliarden Euro 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 Anlagenbetriebs- und 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 kleines chinesisches BMP einzurichten. Die erste Runde des chinesischen Biogasmessprogramms (CBMP) begann Mitte Oktober 2017 in drei Biogasanlagen in Peking. Die Biogasanlagen wurden aufgrund der Anwendung verschiedener Substrate, produzierter Gasmengen und langer Betriebsdauer (mindestens zehn Jahre) ausgewählt. In Anlehnung an das deutsche BMP III wurden Proben von Substraten, Fermenterinhalt und Gärresten gezogen und von diesen Schlüsselindikatoren (Biogasertragstests, TS/oTS-Gehalt, FOS/TAC,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4^{3\text{-P}}$ , Biogasqualität, etc.) im Labor bestimmt. Darüber hinaus wurde die Methodik angepasst, um die Situation und verschiedene Gesetzgebungen zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf die Politik werden Studien zur Regierungspolitik in Ländern mit fortschrittlichen Biogastechnologien und einem entwickelten Markt, zum Beispiel Deutschland, Schweden und Dänemark, durchgeführt, um ein vollständiges und klares Bild der chinesischen Regierung darüber präsentieren zu können, wie andere Regierungen den Sektor entwickeln und unterstützen. Darüber hinaus werden ökonomische Analysen für alle untersuchten Biogasanlagen durchgeführt. Es werden das jährliche Haupteinkommen, Ausgaben und Bilanzen untersucht. Vergleiche für den unterschiedlichen Finanzstatus durch die Anwendung der chinesischen Luftreinhaltepolitik der Volksrepublik China werden gesondert durchgeführt. 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 Daten für die Weiterentwicklung von politischen Vorgaben liefern.

Partner:  
China Agriculture  
University, Volksrepublik  
China

Laufzeit:  
Nov. 2016 – Juni 2019



Die drei Anlagen des chinesischen Biogasmessprogramms (Oktober 2017)

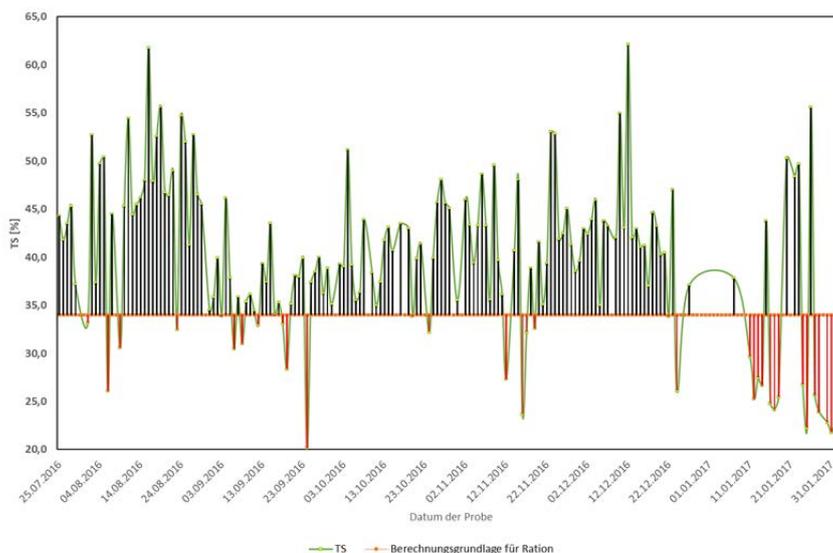
## Flexibilisierte Fütterung in Biogasprozessen mit Modell-basierter Prozesserkennung im Praxismaßstab (FlexFeed)

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 unbekannt Zustände auftreten können, welche den störungsfreien Anlagenbetrieb erheblich gefährden. Daher ist die Entwicklung einer innovativen Prozessüberwachung und Probenahme-strategie 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



*Schwankungen des TS-Gehaltes von Grassilage mittels NIRS-Sensor über 6 Monate gemessen*



M. Sc. Philipp Kress

Dr. Hans-Joachim  
Nägele

Dr. Hans Oechsner

Förderung:  
Bundesministerium für  
Wirtschaft

Fachagentur  
nachwachsende  
Rohstoffe (FNR)

Partner:  
TU-Berlin  
SOTA Solutions (Berlin)

Laufzeit:  
Aug. 2014 – März 2018

## Optimierung des Betriebs und Designs von Biogasanlagen für eine bedarfsgerechte, flexibilisierte und effiziente Biogasproduktion unter Berücksichtigung der Prozessstabilität (OptiFlex)



Dr. Hans-Joachim  
Nägele

M. Sc. Philipp Kress

Dr. Andreas Lemmer

Der Ausbau des regenerativ bedienten Stromsystems erfordert einen optimierten, flexiblen Betrieb der bestehenden und neu zu errichtenden Biogasanlagen. Die bisher realisierten Lösungen für einen flexibilisierten Anlagenbetrieb kennzeichnen sich jedoch zu oft durch die fehlende Wirtschaftlichkeit aus.

Im Rahmen von OptiFlex wird daher eine effiziente Systemlösung für einen stabilen Anlagenbetrieb entwickelt und unter Praxisbedingungen an der Biogasanlage der Universität Hohenheim demonstriert. Bereits entwickelte Methoden der modellbasierten, flexiblen Fütterung und des hydrodynamischen Regelungskonzepts werden zusammengeführt und weiter ausgebaut. Durch den Vergleich der Praxisanlage mit Modellvorhersagen und Laboruntersuchungen kann die flexible Betriebsweise weiter analysiert und optimiert werden.

Neben der ausrüstungstechnischen Anpassung zielt das Projekt auf die Vorbereitung einer MSR-seitigen Nachrüstung bestehender Biogasanlagen ab. Zu diesem Zweck arbeiten Partner aus Forschung, Anlagenbau und Prozessautomatisierung gemeinsam an einer umfassenden technischen Lösung für einen optimierten, flexibilisierten Biogasanlagenbetrieb.

### Förderung:

Bundesministerium für  
Ernährung und  
Landwirtschaft

Fachagentur  
nachwachsende  
Rohstoffe (FNR)

### Partner:

Deutsches Biomasse-  
forschungszentrum  
(DBFZ)

Fraunhofer-Institut für  
Keramische  
Technologien und  
Systeme (IKTS)

Technische Universität  
Berlin (TU Berlin)

Maier Energie und  
Umwelt GmbH

### Laufzeit:

Okt. 2017 – Sep. 2020



*Forschungsbiogasanlage im Praxismaßstab am Unterer Lindenhof mit Nachgärer (Mitte, integrierter Folienspeicher) und zwei identischen Fermentern (Betondach mit Probenahmestellen)*

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

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.



Vakuumierte Zuckerrübensilos kurz nach der Befüllung (Kumanowska 2017)



M. Sc. Elzbieta  
Kumanowska

Armin Kinigadner

Dr. Simon Zielonka

Dr. Andreas Lemmer

Dr. Hans Oechsner

### Förderung:

Bundesministerium für  
Ernährung und  
Landwirtschaft

Fachagentur  
nachwachsende  
Rohstoffe (FNR)

### Partner:

Novatech GmbH

Versuchsstation  
Agrarwissenschaften,  
Standort Lindehöfe

Standort Ihinger Hof

### Laufzeit:

Sept. 2014 – Feb. 2018

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



B. Sc. Florian Siemeister

Dr. 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.

Einige etablierte Verfahren der Gärrestaufbereitung (Trockner, Vakuumverdampfer) wurden an Praxisbetrieben massenbilanztechnisch erfasst und auf ihre Effizienz hin überprüft. Ziel ist es, ein optimiertes Verfahren mitzuentwickeln, das es ermöglicht, Stickstoff aus dem Kreislauf zu trennen und einen absatz- und lagerfähigen Dünger zur Verfügung zu stellen.

Über einen Messzeitraum von jeweils drei Wochen wurden der Wärmeeingang und der Stromverbrauch bei verschiedenen Vakuumverdampfern und Wurfschaufeltrocknern gemessen. Erste Ergebnisse der Vakuumverdampfer zeigen, dass das Volumen der Gärreste durch eine Verdampfung um bis zu 64% reduziert werden kann. Pro eingesetzter Kilowattstunde Wärme wurden 1,35 Liter Destillat erzeugt. Die mittlere Stromabnahme im Messzeitraum betrug  $17,1 \pm 2$  kW/h.

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:

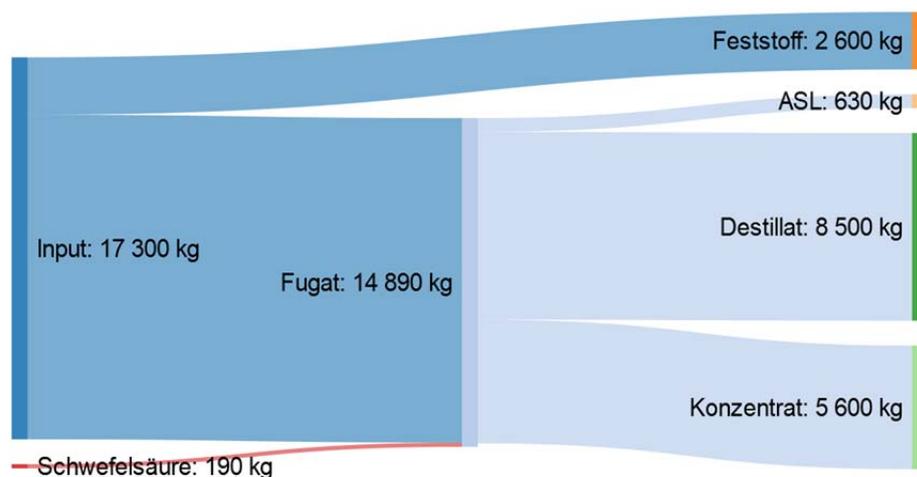
Universität Hohenheim  
Fachgebiet Düngung  
und Bodenstoffhaushalt  
(340i), Institut für  
Kulturpflanzen-  
wissenschaften

Universität Rostock  
Professur für  
Bodenkunde

Steinbeis  
Forschungszentrum  
(SFZ)

### Laufzeit:

Nov. 2014 – April 2018



Tägliche Massenbilanz einer Vakuumverdampfung

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

Das erste Forschungsziel ist die Bewertung von üblicherweise in der Ukraine kultivierten Pflanzen, die potentiell für die Biogasproduktion geeignet wären. In dieser Studie werden verschiedene Sorten, Vegetationsjahre und Erntedaten von Sojabohnen, Sorghum, Zuckerrüben, Mais, Miscanthus, Switchgrass und Paulownia auf ihr Methanertragspotential hin im HBT untersucht.

Das zweite Ziel ist die Bewertung verschiedener Trenntechniken und deren Arbeitsmodi für das Nährstoffmanagement von Gärresten, um deren Verwendung im Precision Farming zu ermöglichen.

Das dritte Ziel ist die Untersuchung des Einflusses von Stickstoff auf die Prozessstabilität; speziell die Untersuchung der mikrobiellen Anpassungsgeschwindigkeit an die Erhöhung der N-Konzentration im Reaktor.

Während der anaeroben Vergärung von N-reichen Substraten wird Ammoniumstickstoff ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) gebildet.  $\text{NH}_4\text{-N}$  liegt im Reaktor im Form von Ammonium Ionen ( $\text{NH}_4^+$ ) und als freies Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) vor. Mit dem pH- und / oder Temperaturanstieg im Reaktor steigt der Anteil an  $\text{NH}_4\text{-N}$ , der als freies Ammoniak vorliegt. Da  $\text{NH}_3$  ungehindert die Zellmembranen von methanogenen Keimen durchdringt, hat es eine toxische Wirkung auf die Bakterien und kann zu einer Hemmung des Biogasprozesses führen. Dabei können bis zu 30% der potentiellen Methanausbeute verloren gehen.

Die Forschung zur Prozessstabilität wurde in CSTR-Reaktoren durchgeführt. Der Ammonium Anstieg in den Reaktoren wurde durch Erhöhung der N-Konzentration in der Fütterungsration erreicht. Inokulum mit niedrigen und hohen N-Gehalten zusammen mit verschiedenen Geschwindigkeiten der N-Zunahme während der Fütterung wurden untersucht. Innerhalb der experimentellen Periode wurden max. N-Konzentrationen von 10 und 12 g N / kg FM für niedrige und hohe N-Gehalte im Inokulum erreicht.



CSTR-Laborsystem für den Stickstoff-Versuch



M. Sc. Ievgeniia Morozova

M. Sc. Nadiia Nikulina

Dipl.-Ing. agr. Christoph Serve-Rieckmann

Dr. 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

## Bioelektrochemikalische Produktion von hochreinem Biogas aus Abfallstoffen (BioElektroGas)



M. Sc. Padma Priya Ravi

Armin Kinigadner

Dr. 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 biochemischen 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 zweistufigen 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 Energiewirtschaft

### Partner:

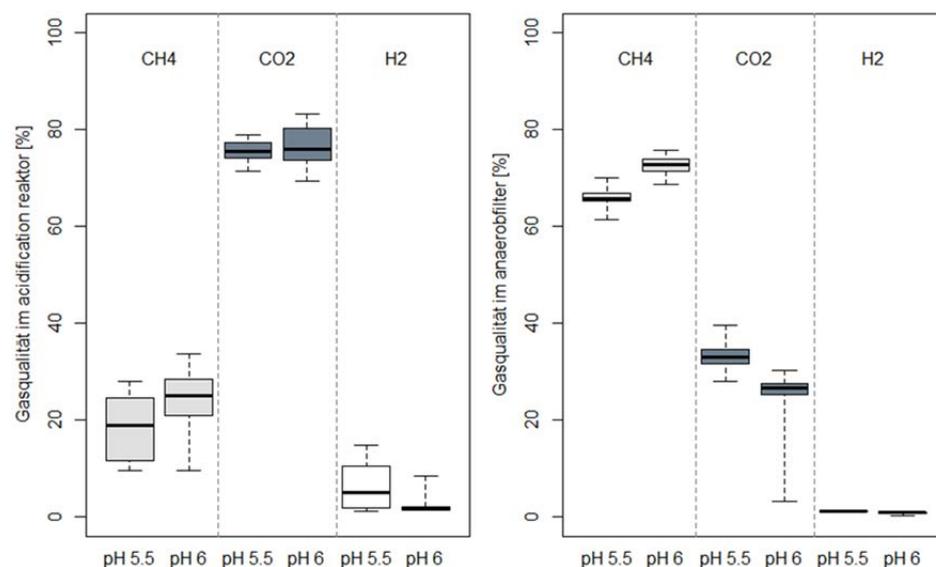
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Institut für Angewandte Biowissenschaften (IAB)

Albert - Ludwigs - Universität Freiburg  
Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK)

Universität Stuttgart  
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA)

### Laufzeit:

Sep. 2015 – Aug. 2018



Einfluss der Ziel-pH-Werte in AR und AF auf die Gaskonzentration

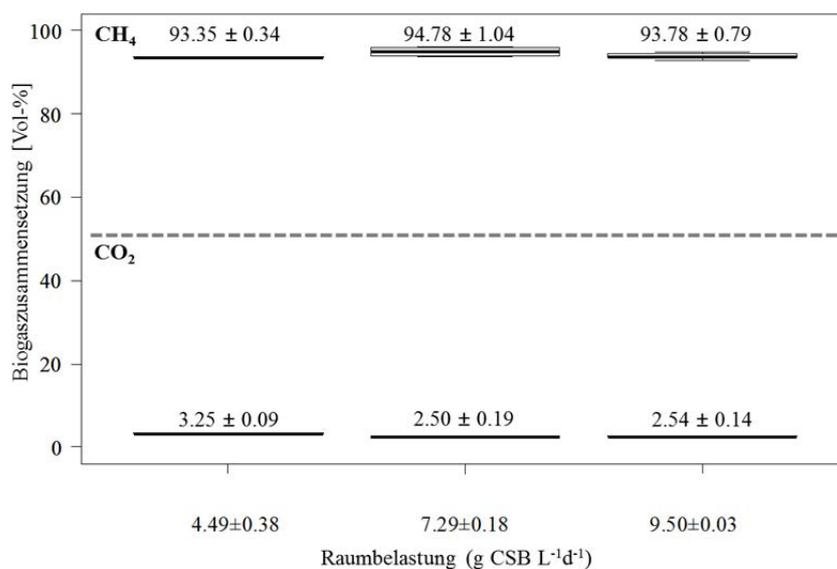
## Autogenerative Two-Phase High Pressure Fermentation: Verfahrenstechnische Grundlagenuntersuchungen zur zweiphasigen Hochdruckfermentation (AG-HiPreFer)

Ziel des geplanten Vorhabens ist es mithilfe 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 CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> 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.

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 gasseitige Fragestellungen wie die Löslichkeit von Biogasbestandteilen in der Flüssigphase des Hochdruckmethanreaktors und Aufkommen und Verteilung von Spurengasen, insbesondere von H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, und H<sub>2</sub> 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 Raumbelastungen bei einem Betriebsdruck von 25 bar auf die Gasqualität im kontinuierlichen Verfahren



Dr. Wolfgang Merkle

Armin Kinigadner

Dr. Jonas Lindner

Dr. Simon Zielonka

Dr. 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 – Mai 2018

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



M. Sc. Jörg Steinbrenner

Dr. Hans-Joachim  
Nägele

Dr. Hans Oechsner

Das Gesamtziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Kaskadennutzung und damit nachhaltigeren und ganzheitlicheren Verwertung von Agrarstoffen. 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 entfernt. 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).

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

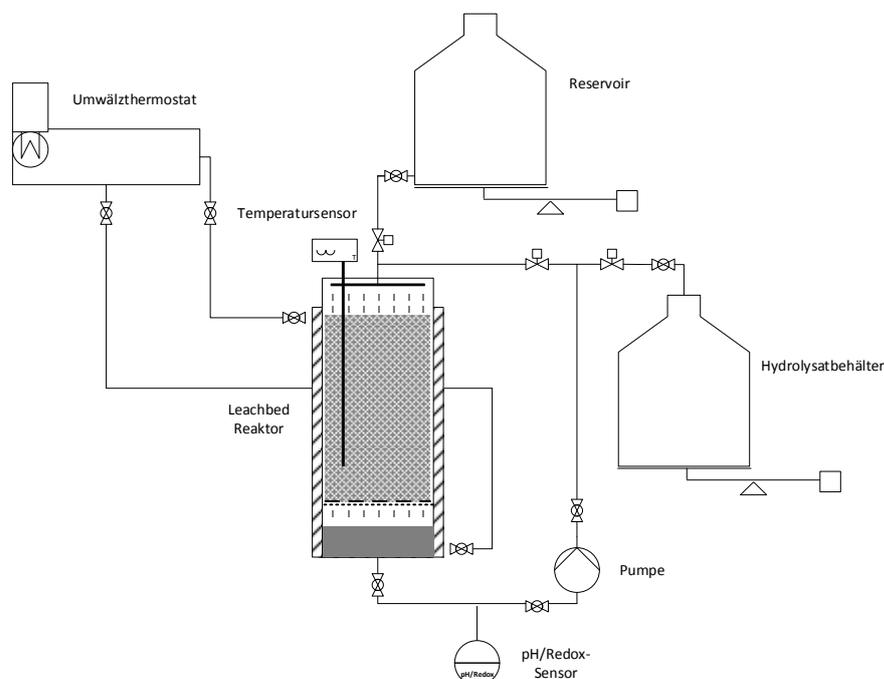
Förderung:  
Fachagentur  
Nachwachsende  
Rohstoffe e.V. (FNR)

Partner:  
Fraunhofer-Institut für  
chemische Technologie  
(ICT)

ElfER Europäisches  
Institut für  
Energieforschung EDF-  
KIT EWIV

Lipp GmbH

Laufzeit:  
Sep. 2015 – Aug. 2018



*Hydrolyse und Säurebildung in einem Leachbed-Reaktor System*

## Entwicklung eines Verfahrens zur fermentativen Konversion von Wasserstoff aus fluktuierenden Quellen zu Biomethan in Biogasanlagen (H<sub>2</sub>-Transfer)

Biogasanlagen (BGA) können mittels in der Biozönose vorhandener hydrogenotropher Methanbildnern H<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> in CH<sub>4</sub> verstoffwechseln. Der Direkteintrag und die anschließende Umsetzung von Wasserstoff in BGA wird in-situ-Methanisierung bezeichnet und kann in einem zukünftigen Post-EEG-Szenario bestehenden BGA eine wichtige Schlüsselposition zukommen lassen. Eine Umwandlung der bestehenden BGA als Speicher-Dienstleister würde die Bedeutung von Biogassystemen deutlich steigern.

Die Methanerzeugung kann sowohl chemisch-katalytisch, als auch auf biologischem Wege in Biogasanlagen vollzogen werden. Hierzu wird der sich im Biogas befindliche Kohlenstoffdioxidanteil ermittelt und die vierfache Menge an Wasserstoff feinblasig hinzugegeben, um eine vollständige Methanisierung zu erwirken. In Folge der CO<sub>2</sub>-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. Das System ist als Stromtransitions-System sinnvoll und zu verstehen und erlaubt die Pufferung von erneuerbarem Überschussstrom im Erdgasnetz. Außerdem lässt sich so eine zeitliche Entkoppelung von Stromerzeugung und -verbrauch erreichen.

Vier identische 100 Liter-Reaktoren werden mit Futtersubstrat bei einer Raumbelastung von 2 kg oTS/m<sup>3</sup> d gefüttert. Gasqualität und -quantität, eingebrachte H<sub>2</sub>-Menge, pH-Werte, Redox-Potential und Fermentertemperatur werden online erfasst. Über den prozentualen Anteil des Wasserstoffs im Biogas erfolgt eine automatische Anpassung der eingebrachten H<sub>2</sub>-Menge. Das entstehende Biogas wird zum Teil auch recirkuliert. Es wird untersucht, unter welchen Bedingungen durch die Methanbakterien eine optimale Umsetzung des zugegebenen Wasserstoffs zu Methan erfolgt.

Halbstöchiometrische Wasserstoffeingasung wurde getestet und ergab eine Steigerung des Methangehaltes um 36,6% und eine Abnahme des CO<sub>2</sub>-Gehaltes um 41,1% bezogen auf die prozentuale Ausgangsverteilung. Ein Wasserstoffrest von 6,6% konnte ebenfalls gemessen werden. Variationen der Raumbelastung, thermophilen Temperaturen werden demnächst getestet.



Containerlabor für Versuche zur Methanisierung von Wasserstoff (Lecker, 2016)



M. Sc. Bernhard Lecker

Dipl.-Ing. agr. Christoph  
Serve-Rieckmann

B. Sc. Daniel Riehle

Dr. Hans Oechsner

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

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

Laufzeit:  
Juni 2014 – Feb. 2018

## Verfahrensentwicklung für den Einsatz der biologischen Methanisierung in der zweistufigen Biogaserzeugung; Teilvorhaben 1: Untersuchung Festbettfermenter und vollaufmischer Reaktor (BioHydroMethan)



M. Sc. Lukas Illi

M. Sc. Bernhard Lecker

B. Sc. Daniel Riehle

Dr. 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 Methanbakterien 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-, vollaufmischen 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 Methanbakterien zu erreichen. Es wird auch der Einfluss von Blasengröße und -zugabe sowie die Gestaltung des Blasenauftretens auf die Übergabeeffizienz an die Fermenterflüssigkeit und die Methanbakterien 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 Landwirtschaft (BMEL)

### Fachagentur

Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)

### Partner:

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

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

### Laufzeit:

Mai 2015 – Mai 2019



*Festbettreaktoren mit Fütterungspumpe zur biologischen Methanisierung*

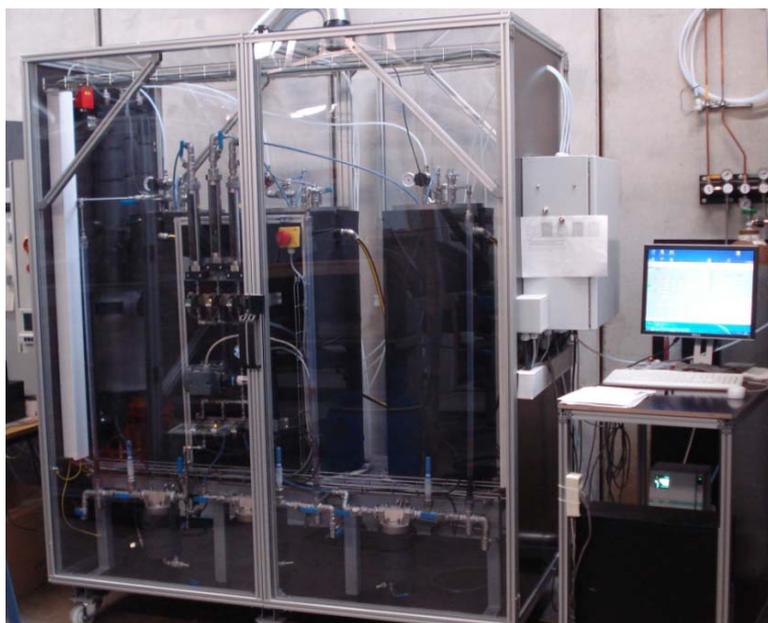
## Einsatz der biologischen Methanisierung für Power-to-Gas-Konzepte: Fermentative Hochdruckmethanisierung von Wasserstoff

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 zehn 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 / (\*d) erreicht.



Versuchsanlage zur fermentativen Hochdruckmethanisierung von Wasserstoff mit Kohlenstoffdioxid



M. Sc. Timo Ullrich

Armin Kinigadner

Dr. sc. agr. Andreas  
Lemmer

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

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

Laufzeit:  
Juni 2014 – Dez 2017

## Biogasbestandsanlagen nach der EEG-Phase - Geschäftsmodelle einer energetischen Eigenversorgung landwirtschaftlicher Betriebe mittels ihrer Biogasanlagen - Evaluation Praxisanlagen (Biogas\_autark)



Dr. Simon Zielonka

Für viele landwirtschaftliche Betriebe haben sich Biogasanlagen zu einen festen Betriebsbestandteil entwickelt. Durch die Neuregelungen im EEG ist der Fortbestand dieser Anlagen stark gefährdet. Das übergeordnete Ziel für die Biogasproduktion war und ist aber – im Kontext aktueller Nachhaltigkeitskriterien – ohne staatliche Förderungen wirtschaftlich tragfähig zu sein. In diesem Sinn ist die Biogasbranche derzeit zu abhängig vom EEG.

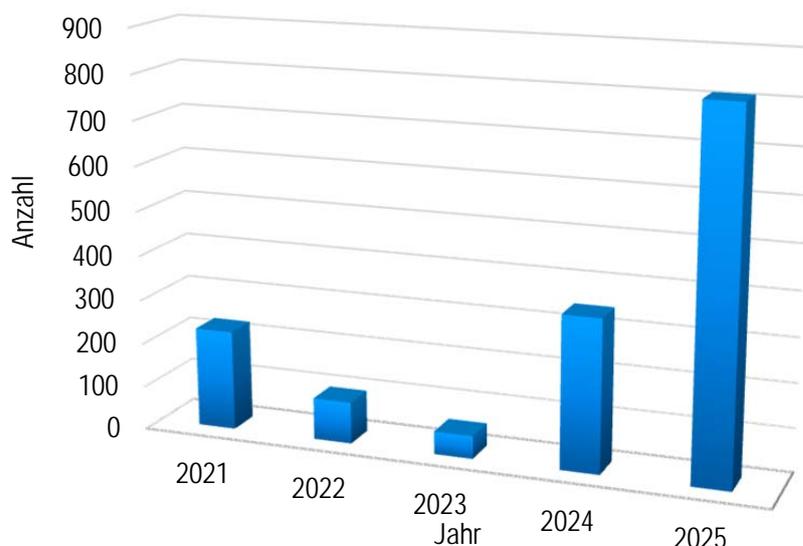
Ziel ist es, Wege für eine Biogasproduktion ohne eine staatliche Förderung zu erschließen. Dahingehend wäre eine verstärkte bis komplette Eigennutzung der von der Biogasanlage produzierten Energie im landwirtschaftlichen Betrieb eine mögliche Zukunftsperspektive. Schwerpunkt sind landwirtschaftliche Betriebe, die auf Grund ihres Energiebedarfes die Möglichkeit haben, die produzierte Energie von Strom und Wärme selbst zu nutzen. Zudem wird eine Nutzung im Bereich der Treibstoffproduktion und –nutzung überprüft.

Dabei sollen wirtschaftliche Perspektiven für einzelne landwirtschaftliche Biogasanlagen herausgearbeitet sowie auf Basis dieser Ergebnisse Handlungsempfehlungen erarbeitet werden. Es werden explizit nur landwirtschaftliche Biogasanlagen betrachtet, um bezogen auf die verschiedenen Produktionsverfahren eine optimierte energetische Nutzung der Biogasanlage in konkreten landwirtschaftlichen Betrieben zu ermitteln. Die Erkenntnisse werden zum einen als bottom-up-Betrachtung für landwirtschaftliche Betriebe mit Biogasanlagen erarbeitet. Zum anderen werden durch eine Clusterbetrachtung Rückschlüsse auf die bundesweiten Auswirkungen und Potenziale für den existierenden Anlagenpark gezogen.

Förderung:  
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft  
Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Partner:  
Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme gGmbH (IZES)

Laufzeit:  
Okt. 2017 – Sep. 2019



Anzahl der Stilllegungen von Biogasanlagen bis 2025, unter der Annahme einer Laufzeit von 20 Jahren (IZES gGmbH)

## Bioenergie - Potentiale, Langfristperspektiven und Strategien für Anlagen zur Stromerzeugung nach 2020 - Stakeholdereinbindung (BE20Plus)

Die Bioenergie trägt innerhalb der deutschen Energiewende in erheblichem Umfang zur erneuerbaren Strom- und Wärmeproduktion bei. So stammten 2015 etwa 27% des erneuerbaren Stroms und 88% der erneuerbaren Wärme aus Bioenergieanlagen. Der Ausbau und Betrieb von Bioenergieanlagen zur Stromerzeugung wurde in den vergangenen Jahren primär durch das EEG gefördert, in dessen Rahmen erhielten die Anlagen bisher für die Dauer von 20 Jahren festgelegte Vergütungssätze. Da ein Großteil der Bioenergieanlagen zur Stromproduktion in den Jahren zwischen 2004 und 2014 errichtet worden ist, läuft für diesen Teil des Anlagenbestandes in den Jahren 2025 bis 2035 die EEG-Vergütung aus.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, zu evaluieren, welche Geschäftsmodelle für Bestandsanlagen bestehen, um über den bisherigen Vergütungszeitraum hinaus, gegebenenfalls auch mit geänderter betrieblicher Ausrichtung, einen Weiterbetrieb zu gewährleisten.

Dazu sollen neben einer Auswertung von Datenbeständen von Bestandsanlagen auch anhand ausgewählter Einzelanlagen Berechnungen erfolgen, die die Potentiale zur Steigerung der Erlöse und zur Senkung der Kosten untersuchen. Neben der Option, Bestandsanlagen in das mit der EEG-Novelle 2017 geschaffene Ausschreibungsdesign zu überführen, sollen exemplarisch auch weitere Geschäftsmodelle und Betriebsstrategien untersucht werden. Über die Betrachtung der Einzelanlagen hinaus soll auch übergreifend bewertet werden, wie und in welchem Umfang Bioenergieanlagen in Zukunft einen Beitrag zu einer nachhaltigen, wirtschaftlichen und sicheren Energieversorgung leisten können. Dazu sollen auf der Basis von Modellierungsansätzen Aussagen zur mittelfristigen Entwicklung des Anlagenbestandes abgeleitet werden. Weiterhin sollen auch regionale Effekte auf die Strom- und Wärmeversorgung, die sich verändernden Beiträge der Bioenergie zur Reduktion der Treibhausgasemissionen sowie die resultierenden Effekte auf die Land- und Forstwirtschaft dargestellt werden.



Dr. Simon Zielonka

Förderung:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Fachagentur für Nachhaltige Rohstoffe e.V.

Partner:

Deutsches Biomasse Forschungszentrum gGmbH (DBFZ)

Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme gGmbH (IZES)

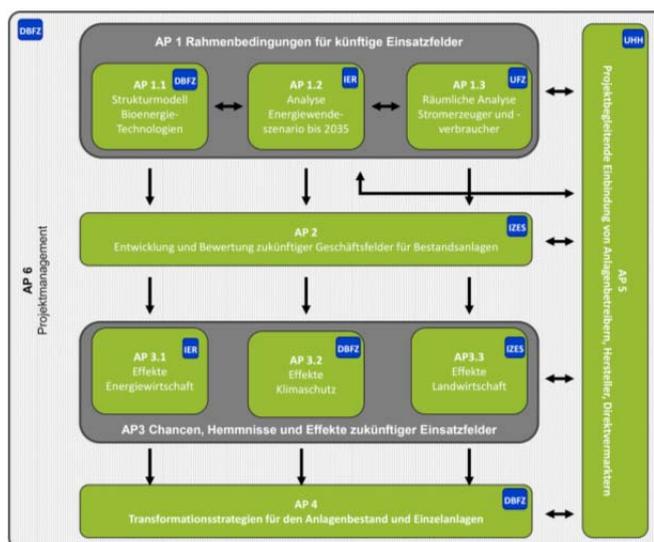
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ)

Universität Stuttgart Institut für Energie-wirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)

Next Kraftwerke GmbH

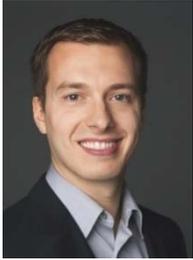
Laufzeit:

Nov. 2017 – Okt. 2019



Arbeitspakete und Workflow im Projekt BE20Plus (Dotzauer 2017)

## BIOGAS PROGRESSIV – zukunftsweisende Strategien für landwirtschaftliche Biogasanlagen (ProBiogas)



Dr. Wolfgang Merkle

Dr. Hans Oechsner

Eine Vielzahl von Ansätzen für eine optimierte Biogasproduktion ist von Hochschulen, landwirtschaftlichen Forschungsanstalten und der Industrie bereits entwickelt und erprobt worden. Eine Evaluierung dieser Ansätze im Hinblick auf die Nutzbarkeit in praxistauglichen Geschäftsmodellen und ein auf die Betreiber von Biogasanlagen und die Biogasberatung ausgerichtetes Informationsangebot zu dieser Optimierung fehlen allerdings bislang. Diese Lücke wird das Projekt „BIOGAS PROGRESSIV“ schließen. Ziel ist ein umfangreiches Informationsangebot mit dessen Hilfe Anlagenbetreiber und Berater in die Lage versetzt werden, passende Konzepte für Biogasanlagen zu identifizieren und weiterzuentwickeln.

Um dieses Ziel zu erreichen, wird zunächst eine umfassende Datenerhebung zu innovativen Konzepten bei Forschungseinrichtungen, Herstellern von Biogasanlagen und Anlagenkomponenten durchgeführt. Diese Daten bilden, zusammen mit den bereits vorhandenen Informationen, die Basis für die Entwicklung und Evaluierung von Optimierungsmaßnahmen. Diese Maßnahmen wiederum werden zu Verfahrensmodellen kombiniert, die tragfähige Geschäftsmodelle für den Betrieb von Biogasanlagen darstellen. Alle Maßnahmen und Modelle werden technisch, ökonomisch und ökologisch evaluiert unter anderem mit Hilfe von an Praxisanlagen durchgeführten Machbarkeitsstudien.

Im Ergebnis steht ein umfangreiches und fachlich abgesichertes Informationsangebot für Anlagenbetreiber, die landwirtschaftliche Beratung, Planungsbüros, Kommunen, Genehmigungsbehörden, Banken und Investoren zur Verfügung. Auch Entscheidungsträger aus Politik und Verwaltung werden adressiert. Der Know-how Transfer findet mit Hilfe von kostenfreien Online Anwendungen, zielgruppenspezifischen Fachveranstaltungen, einem Fachportal auf der KTBL-Homepage und Publikationen in verschiedenen Formaten statt.

### Förderung:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Fachagentur für Nachhaltige Rohstoffe e.V.

### Partner:

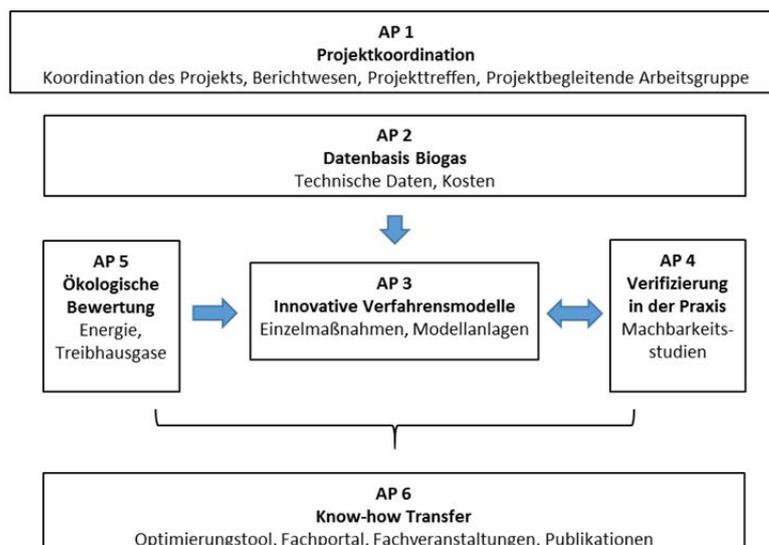
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Darmstadt

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich Energie, Bauen, Technik, Oldenburg

### Laufzeit:

Dez. 2017 – Nov. 2020

### BIOGAS PROGRESSIV – zukunftsweisende Strategien für Biogasanlagen



Arbeitspakete im Vorhaben „BIOGAS PROGRESSIV – zukunftsweisende Strategien für landwirtschaftliche Biogasanlagen“

## GRowing Advanced industrial Crops on marginal lands for bioRefineries (GRACE)

Das BBI Demonstrationsprojekt "GRowing Advanced industrial Crops on marginal lands for bioRefineries" (GRACE) ist ein 15 Millionen € Projekt, das die Optimierung verschiedenster Wertschöpfungsketten für Miscanthus und Hanf zum Ziel hat.

Das Konsortium aus 22 Projektpartnern setzt sich aus Universitäten, landwirtschaftlichen Unternehmen und Industrie zusammen. Geleitet wird das Projekt von der Universität Hohenheim.

Ziel des Projektes ist es nachhaltige Produkte mit einem starken Markt-Potenzial zu produzieren um eine verlässliche Versorgung nachhaltig produzierter Biomasse zu gewährleisten, sowie Biomasse-Produzenten mit der verarbeitenden Industrie besser zu vernetzen. Um die Konkurrenz zu Nahrungs- und Futtermitteln zu vermeiden wird Miscanthus und Hanf auf marginalen Flächen angebaut, die beispielsweise mit Schwermetallen kontaminiert sind oder die anderweitig, z.B. aufgrund niedrigerer Erträge unattraktiv für die Nahrungsmittelproduktion sind.

Das Arbeitspaket der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie ist in die Entwicklung und Optimierung der Hydroxy-Methyl-Furfural (HMF) Produktion aus Miscanthus integriert.

HMF ist eine Basis-Chemikalie die unter Anderem zur Produktion von Polymerflaschen verwendet werden kann. Um den Kreislauf zu schließen wird aus den Nebenprodukten der HMF-Produktion Biogas produziert. Die Gärreste können als Dünger auf dem Feld genutzt werden.



Dr. Johannes Krümpel

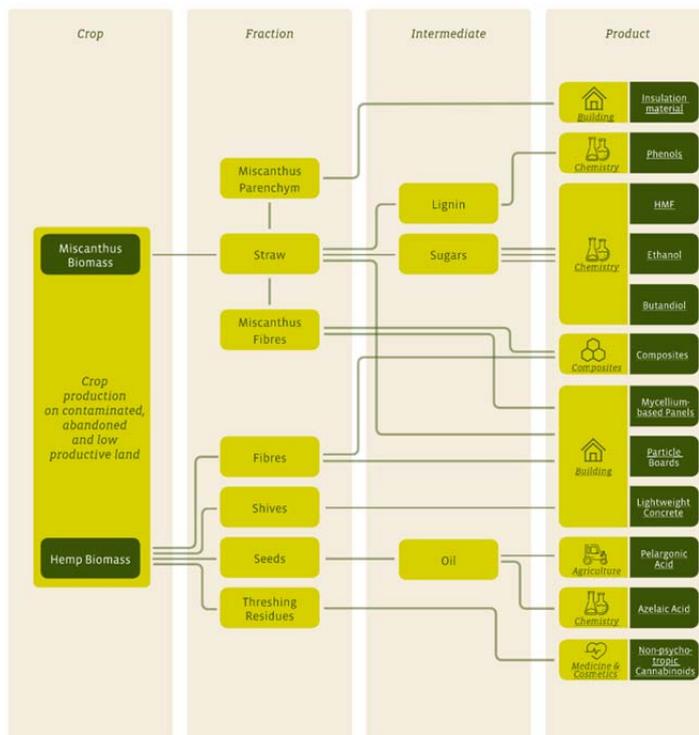
Dr. Andreas Lemmer

Förderung:  
Bio-based Industries  
Joint Undertaking  
(BBI JU)

Partner:  
Wageningen University  
INRA  
Aberystwyth University  
Università Cattolica del  
Sacro Cuore  
University of Zagreb  
Novamont S.p.A.

Mogu Srl  
AVA Biochem BSL AG  
Addiplast SA  
INA d.d.  
Indena SpA  
C.M.F. GREENTECH  
S.R.L.  
Consorzio di Bonifica di  
Piacenza  
Gießereitechnik Kuehn  
Ecohemp S.r.l.  
Miscanthusgroep  
Terravesta  
Vandinter-Semo  
NovaBiom  
Johannes Furtlehner  
Cluster SPRING

Laufzeit:  
Juni 2017 – Mai 2022



Übersicht über die Verwertungswege im GRACE-Projekt

## Demonstration von Trockenfermentationsverfahren und Optimierung der Biogastechnologie für ländliche Gemeinden der MENA-Region (BiogasMena)



B. Sc. Nadiia Nikulina

Dr. Hans Oechsner

Förderung:  
ERANETMED

Deutsches Zentrum für  
Luft- und Raumfahrt  
(DLR)

Partner:  
Landesanstalt für  
Agrartechnik und  
Bioenergie -  
Universität Hohenheim  
(Koordination)

FnBB e.V.

Institut National de la  
Recherche Agronomique  
(INRA)

Nenufar SAS

ERM Energies

University of Verona

Fundación IMDEA  
Energy

Agricultural University of  
Athens

University of Cyprus  
Nireas-IWRC

RTD TALOS Limited

S.K. Euromarket LTD

Centre de  
Biotechnologie de Sfax

EGE University

Universite Sciences et  
Technologie d'Oran  
(USTO)

Cairo University

Laufzeit:

Sep. 2017 – Aug. 2020

In ländlichen Gebieten der MENA-Region (Nordafrika, Südeuropa) stehen die Gemeinden vor mehreren Herausforderungen: unzureichende Infrastruktur für die Abfallbehandlung, begrenzter Zugang zu kostengünstiger Energie, insbesondere Strom, Böden mit schlechter Fruchtbarkeit und Wasserrückhaltekapazität.

Das BIOGASMENA-Projekt zielt darauf ab, zur Lösung dieser Probleme beizutragen, indem es aus organischen Abfällen Biogas produziert. Dies dient entweder in roher Form als kostengünstiger Brennstoff für den häuslichen Bedarf oder wird in Elektrizität umgewandelt. Aus den Gärresten wird hochwertiger, pathogen-freier Kompost. Das Projekt hat die folgenden Ziele:

- Laborversuche zur Prozessoptimierung der Trockenvergärung;
- Methanertragspotenzialbestimmungen und Charakterisierung des Gärrests
- Untersuchung der Kombination von Mikroalgenanbau und Biogastechnologie,
- Planung, Installation und Überwachung einer kleinen Demonstrationsanlage von 5 m<sup>3</sup> mit einer geplanten elektrischen Leistung von 500 W in Tunesien,
- Erstellen von Ökobilanzen und techno-ökonomischen Analysen,
- Ausbildung und Austausch junger Forscher aus der ERA- und MENA-Region,
- Informationen über die Biogastechnologie für die Forschung, Bauern in der MENA-Region und die Öffentlichkeit mittels einer Projektwebsite, Workshops und Projektkonferenzen.

Das Projekt zielt darauf ab, Trockenfermentationstechnologien, umweltfreundliche Mikroalgenproduktion zu entwickeln und die dezentrale Abfallbehandlung und Energieversorgung sowie die Fruchtbarkeit in ländlichen Gemeinden der MENA-Region zu verbessern. Das Projekt wird sich auch auf das ökologische und sozioökonomische Niveau auswirken, zum Beispiel die Erhöhung der Karrierechancen für junge Forscher und die Entwicklung der lokalen Expertisen und des Managements von Projekten im Bereich der erneuerbaren Energien.



Mitglieder des Forschungsverbundes BiogasMena beim Kick-off-Meeting im Dezember 2017

## Erfassung des Methanemissionspotenzials einiger beispielhafter Abfallvergärungsanlagen

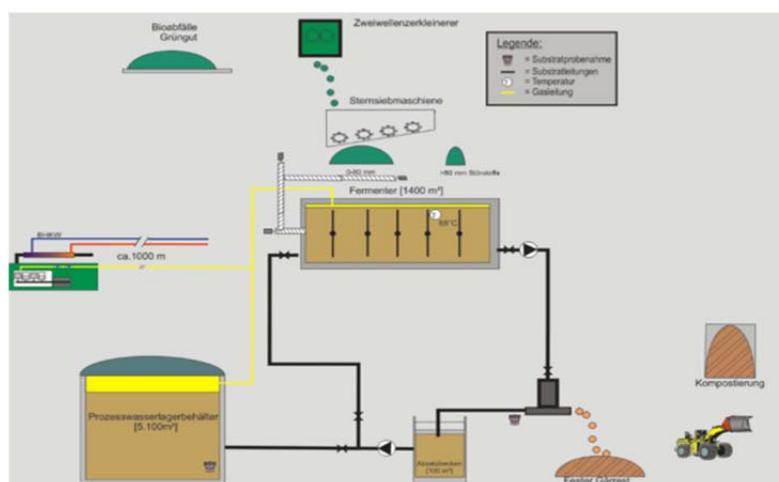
Im kommunalen Bereich sind wegen Bevorzugung der Kompostierung nur wenige Vergärungsanlagen zu finden. Damit gehen Wertschöpfungsmöglichkeiten (Biogas und Energiegewinnung) verloren. Der Ausbau der Bioabfallvergärung ist daher zu fördern. Da Bioabfall nichts kostet, fehlt den Betreibern der Anlagen oft der Anreiz, möglichst viel Methan aus dem organischen Rohstoff zu generieren. Daher sind die hydraulischen Verweilzeiten bestehender Anlagen häufig im Vergleich zu landwirtschaftlichen Biogasanlagen sehr klein. Dies führt mitunter zu einer geringen Effizienz dieser Anlagen und der Gefahr von unkontrollierten Methanemissionen in nicht gasdicht abgedeckten Gärrestlagern.

B. Sc. Tobias Bauer

Dr. Hans Oechsner

Im Auftrag des LUBW wurden an fünf Abfallbiogasanlagen in Baden-Württemberg Daten erhoben, um eine ökologische Einordnung dieser Anlagen vornehmen zu können. In enger Zusammenarbeit mit den Betreibern dieser Anaerobanlagen wurden die Input- und Output-Ströme erfasst und Substratproben auf das Methanertrags- und das Emissionspotenzial hin untersucht. Bei der Datenerhebung zeigte sich, dass die Anlagen häufig nur eine hydraulische Verweilzeit im Bereich von <20 Tagen aufweisen. Meistens wird der Gärrest direkt nach dem Fermenter separiert und die Feststoffe einer Kompostierungsstufe (stofflichen Verwertung) zugeführt. Die abgetrennte, noch warme Flüssigkeit wird meist in nicht gasdicht abgedeckten Behältern gelagert, manchmal sogar offen. Dies bedingt hohe Emissionsgefahren.

Die Untersuchungen zeigten deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Anlagen. Bei ausschließlicher Betrachtung der Flüssigphase wurden ein Restmethanpotenzial (37°C Gärtemperatur) bis zu 9% gemessen. Bei guten Beispielen, mit gasdichtem Substratlager, wurde ein Emissionspotenzial (20°C) unter 1% ermittelt. Da in der nächsten Zeit hoffentlich verstärkt Bioabfallvergärungsanlagen im kommunalen Bereich errichtet werden, ist bereits bei der Planung empfohlen, für eine optimale Fermentierungstechnik mit ausreichend langer hydraulischer Verweilzeit zu sorgen und für eine möglichst gasdichte Abdeckung des Gärrestlagers. Dies zahlt sich sowohl durch höhere Verwertung von Biogas als auch durch Schonung der Umwelt aus.



Schema einer der im Rahmen des Projektes untersuchten Anlagen

Förderung:  
LUBW Baden-  
Württemberg

Ministerium für Umwelt,  
Klima und  
Energiewirtschaft Baden-  
Württemberg

Laufzeit:  
Juni 2016 – März 2017

## Das chemische Labor der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie



Dipl.-Biol. Annette  
Buschmann



Jacqueline Kindermann

Im chemischen Labor der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie wurden auch im Jahr 2017 umfangreiche chemische Analysen zur prozessbiologischen Beurteilung von Fermentationsvorgängen zur Silierung, Biogasproduktion oder zur biologischen Produktion von Plattformchemikalien im Rahmen unterschiedlichster Projekte durchgeführt.

Hierzu kam das bereits bewährte, moderne Laborequipment zum Einsatz wie z.B. ein Gaschromatograph (GC), ein Hochdruckflüssigkeitschromatograph (HPLC), ein leistungsstarker Analysator zur simultanen Analyse von Gesamtkohlenstoff (TC), anorganischem Kohlenstoff (TIC) und Gesamtstickstoff (TN) aus wässrigen Proben sowie des TC-Gehaltes von Feststoffproben, ein Aufschluss- und Destilliersystem zur Bestimmung des Gesamt- und des Ammoniumstickstoffs mittels Kjeldahlmethode aus sowohl wässrigen als auch festen Proben.

Neben den bereits existierenden Analysegeräten wurde im Jahr 2017 auch die Anschaffung eines Massenspektrometers mit induktiv gekoppeltem Plasma (engl.: ICP-MS = inductively coupled plasma mass spectrometry) realisiert. Zurzeit erfolgen die Umbauarbeiten zur Installation des ICP-MS.

Mit dem ICP-MS können Spurenelementanalysen im ppt-Bereich (parts per trillion) durchgeführt werden. Die Detektionsgrenzen liegen in der Regel unter 100 ppt. Die Analysen leisten einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis und zur Beurteilung der Nährstoff- und Spurenelementversorgung verschiedenster Fermentationsvorgänge. Bisher wurden die Spurenelementanalysen ausgewählter Proben in externen Laboren durchgeführt. Die Erweiterung des Laborgerätepools durch das ICP-MS ermöglicht eine deutlich schnellere und kostengünstigere Analyse der prozessrelevanten Inhaltsstoffe. Dazu sind vor allem die Konzentrationen folgender Elemente interessant: Phosphor (P), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Schwefel (S), Natrium (Na), Eisen (Fe), Nickel (Ni), Cobalt (Co), Mangan (Mn), Kupfer (Cu) und Zink (Zn). Es können sowohl flüssige als auch feste Proben untersucht werden. Die Probenvorbereitung für die Analyse der Spurenelemente im ICP-MS erfolgt mittels Mikrowellenaufschluss mit Königswasser. Ein entsprechendes Aufschlussgerät wurde ebenfalls neu angeschafft (CEM-Mikrowellen-Laborsystem Discover/ Explorer SP-D/SP). Die Umbauarbeiten im Labor zur Installation dieses Gerätes sind abgeschlossen. Das Gerät wurde installiert und ist betriebsbereit.



Das neue Gerät zum Mikrowellenaufschluss der Proben zur Bestimmung im ICP-MS

## Forschungsbiogasanlage „Unterer Lindenhof“

Im Auftrag des Rektorates übernimmt die Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie die betriebliche Leitung sowie die Koordination der Forschungsprojekte an der Biogasanlage „Unterer Lindenhof“. Neben den allgemeinen Aufgaben der betrieblichen Leitung stand in 2017 die Begleitung des Neubaus des Gärproduktlagers im Fokus der Aufgaben der Landesanstalt.

Bislang wurden an der Forschungsbiogasanlage die flüssigen Gärprodukte nach der Separation aus dem Nachgärlager in sechs offenen Behältern á 500 m<sup>3</sup> gelagert. Im Jahr 2017 wurden vier der Bestandsbehälter abgerissen und durch ein neues, gasdicht abgeschlossenes Gärproduktlager mit einem Volumen von 4.800 m<sup>3</sup> ersetzt. Durch eine intensive Begleitung des Vorhabens in der Planungs- und Umsetzungsphase durch die Landesanstalt soll gewährleistet werden, dass die wissenschaftlich-technischen Anforderungen an die Erweiterung des Forschungsgrößgerätes „Biogasanlage“ bestmöglich umgesetzt werden. Gleichzeitig war trotz der Bauphase ein weitgehend störungsfreier Forschungsbetrieb zu gewährleisten.

Aus ökologischer Sicht werden durch das neue, gasdicht abgedeckte Gärproduktlager die Methan-, Ammoniak- und Geruchsemissionen resultierend aus der Gärproduktlagerung erheblich gemindert. Die verlängerte Lagerungsmöglichkeit der Gärprodukte von bis zu 270 Tagen führt dazu, dass diese zukünftig ausschließlich in der Hauptvegetationszeit ausgebracht werden. Der auf über 1.800 m<sup>3</sup> vergrößerte Gasspeicher ermöglicht Untersuchungen zur bedarfsgerechten Biogasproduktion. In Kombination mit dem neuen BHKW mit einer elektrischen Leistung von 355 kW können nun Zukunftsthemen wie eine lastabhängige, dezentrale Strom- und Wärmeproduktion zur Stabilisierung der Netze bearbeitet werden.

Mit dem Neubau des Gärproduktlagers wurde auch die über 45 Jahre alte Gülletechnik des Standortes Lindenhöfe mit der entsprechenden Steuerung neu geplant und es wurde ein neuer Teststand für Separatoren in das Güllesystem integriert. Mit dem Abschluss der Baumaßnahme im Frühjahr wird die Zukunftsfähigkeit des Forschungsgrößgerätes „Biogasanlage Unterer Lindenhof“ erheblich verbessert werden.



*Das neue Gärrestlager während der Bauphase*



Dr. Andreas Lemmer



Dr. Hans-Joachim  
Nägele

Förderung:  
Universität Hohenheim  
Universitätsbauamt  
Stuttgart und Hohenheim

Laufzeit:  
Realisierung 2017 - 2018

## Progress in Biogas IV - internationale Biogaskonferenz (PIB IV)

Die internationale, wissenschaftliche Fachtagung „Progress in Biogas“ fand vom 08. bis 11.03.2017 zum vierten Mal in Stuttgart statt. Die zweitägige, dreizügige Fachtagung wird in Zusammenarbeit mit der IBBK organisiert und bietet qualitativ hochwertige, internationale wissenschaftliche Vorträge, eine Posterausstellung, Abendveranstaltung, Exkursionen und eine Firmenmesse. Am dritten Tag wurden 4 praxisnahe Workshops zu den Themen Hygiene, Stickstoffreiche Substrate, Messtechnik, Prozessstabilität und mechanische Aufbereitungstechnik angeboten. Zur Tagung konnte schon zum zweiten Mal ein Sonderheft des wissenschaftlichen peer reviewed Journals „Bioresource Technology“ entwickelt werden. Es wurden 73 Vorträge und 17 Kurzvorträge zu den folgenden Themenblöcken gehalten sowie etwa 60 Poster präsentiert:

- Low-tech-Biogasanlagen
- Biogasproduktion aus Bioabfall und Kläranlagen
- Gärrestmanagement
- Prozesssteuerung und Modellierung des Biogasprozesses
- Prozessinhibierung (N-reiche Substrate)
- Innovative Biogastechnologien
- Vorbehandlungstechnologien
- Autarkie und Sicherheit der Energieversorgung
- Gasreinigung – Gasverarbeitung
- Optimale Integration von Biogas in das Energiesystem



Dr. Hans Oechsner

Alle Mitarbeiter der LA



Impressionen der Tagung Progress in Biogas IV in Hohenheim

Partner:  
IBBK

Veranstaltungstermin:  
08.03.-10.03.2017

---

## Mitveranstaltete Tagungen

### Biogas Info Tage

18.-19.01.2017, Messe Ulm, Ulm, veranstaltet zusammen mit dem renergie Allgäu e.V.

### Biogastag Baden Württemberg

16.02.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, veranstaltet zusammen mit den Regionalgruppen Baden-Württembergs des Fachverbands Biogas

### Progress in Biogas IV

08.-10.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, veranstaltet zusammen mit der IBBK

### International Biogas & AD Training Course

24.-28.04.2017, Stuttgart, ZIMT, veranstaltet zusammen mit der IBBK

### ALB Fachtagung - „Schweinehaltung“

16. März 2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, veranstaltet zusammen mit der ALB Baden-Württemberg

### ALB Fachveranstaltung - „Energieeffizienz in der Landwirtschaft – Schwerpunkt Tierhaltung“

27. April 2017, veranstaltet zusammen mit der ALB Baden-Württemberg

### ALB Fachgespräch - „Perspektiven der Milchviehhaltung in kleinen Betrieben“

23. November 2017, St. Märgen, veranstaltet zusammen mit der ALB Baden-Württemberg

## Internationale Gastwissenschaftler an der Landesanstalt

### Edmond Demollari

„Evaluation und Optimierung von Indikatorparametern der Biogasproduktion aus landwirtschaftlichen Abfällen“  
Landwirtschaftliche Universität Tirana, Albanien

### Adam Kwiatecki

„Methanertragsbestimmungen und Untersuchungen zu Stickstoffreichen Substraten“  
Poznań University of Life Sciences - Institute of Biosystems Engineering, Polen

### Joanna Chwarscianek

„Untersuchung von Methanertragspotenzialen“  
Poznań University of Life Sciences - Institute of Biosystems Engineering, Polen

### Huicai Cheng

„Untersuchung von Methanertragspotenzialen“  
Biological Research Institute, Hebei Provincial Academy of Science, China

### Carlos M. Martínez Hernández

„Biogaswissenschaft im Vergleich: Kuba – Deutschland“  
Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Kuba

### Alberto Miranda

„Planung eines Biogaslabors für Costa Rica“  
Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica

## Abschlussarbeiten 2017

### Promotionsarbeiten

**Johannes Krümpel**

Bedarfsorientierte Biogas-Produktion in Anaerob-Filtern. Dissertation, Universität Hohenheim.

[http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2017/1357/pdf/Diss\\_Johannes\\_KruempelOV.pdf](http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2017/1357/pdf/Diss_Johannes_KruempelOV.pdf)

**Wolfgang Merkle**

Zweistufige Hochdruckfermentation zur Erzeugung von Biomethan. Dissertation, Universität Hohenheim.

[http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2017/1403/pdf/20170908\\_Dissertation\\_Merkle\\_Endversion\\_VDI\\_MLG.pdf](http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2017/1403/pdf/20170908_Dissertation_Merkle_Endversion_VDI_MLG.pdf)

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

### Masterarbeiten

**Garzón Horta, E. A.**

The influence of trace elements in biogas production determined by Hohenheim Biogas Yield Test (HBT) with different combination of inoculums and substrates

**Jeen J.**

Anaerobic digestion of Jatropha Seed Oil Extraction Residue: Process stability, Specific Methane Yield and Phorbol Ester Degradation

**Haag, B.**

Vergleich der Biogasmärkte Frankreich und Deutschland hinsichtlich rechtlichem Rahmen und Anlagentechnik

**Urunuela-Saldana, M.**

Mass balance of a two-stage anaerobic digestion process for hydrogen and methane production from sugar beet silage. In Kooperation mit dem Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart

### Bachelorarbeiten

**Bauer, T.**

Erfassung des Methanemissionspotenzials von Bioabfallvergärungsanlagen über die Bestimmung des Restmethanpotenzials

**Kinigadner, A.**

Planung, Aufbau und Testbetrieb einer Festbett-Reaktoranlage zur biologischen Hochdruckmethanisierung im Labormaßstab

**Grüner, J.**

Vergleich der Rührqualität eines bionischen Rührwerks zu Standard Rührwerken im Praxis-Biogasfermenter

---

## Veröffentlichungen 2017

### Peer-reviewed

**Bierer, B.; Nägele, H.-J.; Perez, A.O.; Wöllenstein, J.; Kress, P.; Lemmer, A.; Palzer, S.:**

Real-Time Gas Quality Data for On-Demand Production of Biogas. 2018, Chemical Engineering and Technology, doi.org/10.1002/ceat.201700394, Im Druck

**Krümpel, J.H.; Illi, L.; Lemmer, A.:**

Intrinsic gas production kinetics of selected intermediates in anaerobic filters for demand-orientated energy supply. 2018, Environmental Technology (United Kingdom), S. 1-8. doi.org/10.1080/09593330.2017.1308439, Im Druck

**Lemmer, A.; Krümpel, J.:**

Demand-driven biogas production in anaerobic filters. 2017, Applied Energy, 185, S. 885-894. doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.10.073

**Lemmer, A.; Merkle, W.; Baer, K.; Graf, F.:**

Effects of high-pressure anaerobic digestion up to 30 bar on production kinetics, specific methane yield and pH-value. 2017, Energy, Band 138, S. 659-667. doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.095

**Mauky, E.; Weinrich, S.; Jacobi, H.-F.; Nägele, H.-J.; Liebetrau, J.; Nelles, M.:**

Demand-driven biogas production by flexible feeding in full-scale – Process stability and flexibility potentials, 2017, Anaerobe, Volume 46, S. 86-95

**Merkle, W.; Baer, K.; Lindner, J.; Zielonka, S.; Ortloff, F.; Graf, F.; Kolb, T.; Jungbluth, T.; Lemmer, A.:**

Influence of pressures up to 50 bar on two-stage anaerobic digestion. 2017, Bioresource Technology, Volume 232, Pages 72-78, doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.013,

**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. 2017, Environmental Technology, Band 38, Heft 3, S. 337-344. doi.org/10.1080/09593330.2016.1192691

**Nägele, H.-J.; Steinbrenner, J.; Hermanns, G.; Holstein, V.; Haag, N.L.; Oechsner, H.:**

Innovative additives for chemical desulphurisation in biogas processes: A comparative study on iron compound products. 2017, Biochemical Engineering Journal, Volume 121, Pages 181-187. doi.org/10.1016/j.bej.2017.01.006

**Oechsner, H.:**

Putting the discussion on biogas on an objective footing is absolutely essential. 2017, Landtechnik, 72(5), S. 263-264, doi.org/10.1515/lt.2017.3172

### Sonderheft der Bioresource Technology (peer reviewed) zur Tagung „Progress in Biogas IV„

**Grohmann, A.; Fehrmann, S.; Vainshtein, Y.; Haag, N.L.; Wiese, F.; Stevens, P.; Nägele, H.-J. Oechsner, H.; Hartsch, T.; Sohn, K.; Grumaz, C.:**

Microbiome dynamics and adaptation of expression signatures during methane production failure and process recovery. 2018, Bioresource Technology; 247, S. 347-356. doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.214

**Kress, P.; Nägele, H.-J.; Oechsner, H.; Ruile, S.:**

Effect of agitation time on nutrient distribution in full-scale CSTR biogas digesters. 2018, Bioresource Technology, 247, S. 1-6, doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.054

**Kumanowska, E.; Urunela-Saldana, M.; Zielonka, S.; Oechsner, H.:**

Two-stage anaerobic digestion of sugar beet silage: The effect of the pH-value on process parameters and process efficiency. 2017, Bioresource Technology, Volume 245, Part A, S. 876-883, doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.11

---

---

**Lecker, B.; Illi, L.; Lemmer, A.; Oechsner, H.:**

Biological hydrogen methanation – A review. 2017, *Bioresource Technology*, Volume 245, Part A, S. 1220-1228. doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.176

**Ravi, P.P.; Lindner, J., Oechsner, H.; Lemmer, A.:**

Effects of target pH-value on organic acids and methane production in two-stage anaerobic digestion of vegetable waste. 2018, *Bioresource Technology*; 247, S. 96-102, doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.068

**Ullrich, T.; Lindner, J.; Bär, K.; Mörs, F.; Graf, F.; Lemmer, A.:**

Influence of operating pressure on the biological hydrogen methanation in trickle-bed reactors, 2018, *Bioresource Technology*, Volume 247, S. 7-13, doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.069.

### Konferenz-/Tagungsbandbeiträge

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

Effect of trace element supplement on bio-methane performance of coffee husk and pulp. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 45

**Grohmann, A.; Fehrmann, S.; Haag, N.L.; Stevens, P.; Vainshtein, Y.; Nägele, H.-J.; Wiese, F.; Bryniok, D.; Kempter-Regel, B.; Oechsner, H.; Hartsch, T.; Sohn, K.; Grumaz, C.:**

Unravelling of microbial dark matter dynamics related to ensilage and reactor performance in the biogas process chain. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 81

**Haag, N.L.; Luff, K.; Oechsner, H.:**

Competitive analysis of specific methane yields from continuous and batch processes for anaerobic digestion of bio-based products. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 142 – 143

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

Wasserstoffmethanisierung bei zweiphasiger Prozessführung. 5. FNR/KTBL-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“, FNR/KTBL., 26.-27.10.16, Bayreuth, KTBL-Schrift 512, S. 410

**Kress, P.; Nägele, H.-J.; Oechsner, H.:**

Flow velocity in CSTR biogas digesters: a full-scale study. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 111

**Krümpel, J.; Lemmer, A.:**

Demand-Driven Biogas Production in Anaerobic Filters. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV", 8.-11.03.2017, Stuttgart-Hohenheim, S. 28

**Kumanowska, E.:**

Two-phase anaerobic digestion of sugar beet for biomethane production. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 154

**Kumanowska, E.; Zielonka, S.; Oechsner, H.:**

Zweiphasige Vergärung von Zuckerrüben zur Biomethanherzeugung. 5. FNR/KTBL-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“, FNR/KTBL., 26.-27.10.16, Bayreuth, KTBL-Schrift 512, S. 369

**Lecker, B.; Illi, L.; Lemmer, A.; Oechsner, H.:**

Biological hydrogen methanation - a review. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 83

**Lemmer, A.; Merkle, W.:**

Effects of high pressure anaerobic digestion up to 30 bar on pH-value, solubility of CO<sub>2</sub> and specific methane yield. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 87

---

---

**Lindner, J.; Miroshnichenko, I.:**

Biogas potential of livestock farming residues in the Belgorod region in Russia. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV", 8.-11.03.2017, Stuttgart-Hohenheim, S. 54

**Meissner, K.; Awiszus, S.; Reyer, S.; Grumaz, C.; Bach, M.; Cossel, M.; Steinbrenner, J.; Müller, T.; Oechsner, H.; Lewandowski, I.; Sohn, K.; Müller, J.:**

Gobi - General optimization of biogas processes. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 137 - 139

**Nägele, H.-J.; Kress, P.; Oechsner, H.:**

Optimierung des Rühraufwandes bei Biogasanlagen zur Einsparung des Energieverbrauches. 5. FNR/KTBL-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“, FNR/KTBL., 26.-27.10.16, Bayreuth, KTBL-Schrift 512, S. 296

**Nägele, H.-J.; Steinbrenner, J.; Hermanns, G.; Holstein, V.; Haag, N.L.; Oechsner, H.:**

Innovative additives for chemical desulphurisation in biogas processes: A comparative study on iron compound products. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 72

**Oechsner, H.:**

Process control and troubleshooting. In: Influencing factors in the biogas process – Workshop Khon Kaen, Thailand, 25. Juli 2017

**Oechsner, H.:**

Biogas generation with fibrous substrates - a study with horse manure. 7th International Conference on Fermentation Technology, 25th to 28th July 2017, Khon Kaen, Thailand, S. 28-29

**Oechsner, H.:**

Financial evaluation of the animal manure biogas projects (livestock and poultry). Great Cycle Meeting 2017 International Symposium on Animal Manure and Recycling Program, 20.-25.10.2017, Yantai Institute CAU, China

**Oechsner, H.; Nägele, H.-J.;**

"Biogas production in Germany - State of the art and research at the State Institute of Agricultural Engineering and Bioenergy". Great Cycle Meeting 2017 International Symposium on Animal Manure and Recycling Program, 20.-25.10.2017, Yantai Institute CAU, China

**Oechsner, H.:**

Improvement of the nutrient cycle for agricultural residues through biogas technology, separation and drying systems. Great Cycle Meeting 2017 International Symposium on Animal Manure and Recycling Program, 20.-25.10.2017, Yantai Institute CAU, China

**Oechsner, H.:**

New challenges for biogas production. Biotransformation of agricultural, livestock and agroindustrial wastes: The challenge of the Bioeconomy. Vsiger Simposio internacional sobre gerenciamento dos residuos agropecuarios e agroindustriais, 9.-11.05.2017, Foz do Iguacu, Brasilien

**Oechsner, H.:**

Design of plants - Loading rate and HRT, calculation of gas yield of different substrates. Biotransformation of agricultural, livestock and agroindustrial wastes: The challenge of the Bioeconomy. Vsiger Simposio internacional sobre gerenciamento dos residuos agropecuarios e agroindustriais, 9.-11.05.2017, Foz do Iguacu, Brasilien

**Oechsner, H.:**

Substrates for the biogas plants- ingredients, pretreatment, hygiene, weed-seeds. Biotransformation of agricultural, livestock and agroindustrial wastes: The challenge of the Bioeconomy. Vsiger Simposio internacional sobre gerenciamento dos residuos agropecuarios e agroindustriais, 9.-11.05.2017, Foz do Iguacu, Brasilien

**Oechsner, H.:**

Biogas process, process stability, troubleshooting. Biotransformation of agricultural, livestock and agroindustrial wastes: The challenge of the Bioeconomy. Vsiger Simposio internacional sobre gerenciamento dos residuos agropecuarios e agroindustriais, 9.-11.05.2017, Foz do Iguacu, Brasilien

**Oechsner, H.; Haag, N.L.; Nägele, H.-J.; Piezka, C.; Scherer, T.M.:**

Valorisation of organic platform chemicals in the biogas process chain. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 79 – 80

**Oechsner, H.; Lecker, B.; Illi, L.; Ullrich, T.; Lemmer, A.:**

Biologische Methanisierung von Wasserstoff zu Biomethan - Möglichkeiten und Grenzen. KTBL/FNR-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven“, FNR/KTBL., 26.-27.09.2017, Bayreuth, KTBL-Schrift 512, S. 211 – 220

**Ravi, P. P.; Lemmer, A.:**

Fermentative Conversion of Vegetable Waste in Two-Stage Biogas Systems. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 107

**Siemeister, F.; Oechsner, H.:**

Optimizing digestate processing technologies to obtain marketable nitrogen fertilizer. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 132

**Surendra, K.C.; Ogoshim R.; Reinhardt-Hanisch, A.; Oechsner, H. Hashimoto, A.G.; Khanal, S.K.:**

High yield tropical energy crops for bioenergy production: effect of plant components, harvest years, and locations on biomass composition and subsequent biogas production. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 24

**Ullrich, T.; Lemmer, A.:**

Use of biological methanation of PtG-Concepts: Fermentative high-pressure methanation of hydrogen. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 86

**Vorträge****Chala, B.; Latif, S.; Oechsner, H.; Müller, J.:**

Effect of trace element supplement on bio-methane performance of coffee husk and pulp. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Grohmann, A.; Fehrmann, S.; Haag, N.L.; Stevens, P.; Vainshtein, Y.; Nägele, H.-J.; Wiese, F.; Bryniok, D.; Kempter-Regel, B.; Oechsner, H.; Hartsch, T.; Sohn, K.; Grumaz, C.:**

Unravelling of microbial dark matter dynamics related to ensilage and reactor performance in the biogas process chain. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Kress, P.:**

Strömungsverhalten von Gärsubstraten in Abhängigkeit der Rührwerkstechnik & Einfluss einer flexiblen Fütterung auf Gasproduktion und Gasqualität. 7. Triesdorfer Biogastag, 16.01.2017, Triesdorf

**Kress, P.:**

Flexibilisierung und Rühren des Fermenterinhalt. Biogas-Infotage 2017, renergie Allgäu e.V., 18.01.2017, Ulm

**Lemmer, A., Lindner, J., Krümple, J., Merkle, W.:**

Zweiphasige Vergärung – Flexibilisierung und Biomethan. Biogas-Infotage 2017, renergie Allgäu e.V., 19.01.2017, Ulm

**Lemmer, A., Morozova, I.:**

Nährstoffmanagement durch Separation. Biogas-Infotage 2017, renergie Allgäu e.V., 19.01.2017, Ulm

**Lemmer, A., Krümpel, J., Lindner, J.:**

Zweiphasige Vergärung – Flexibilisierung und Biomethan. Tagung des Fachverbands Biogas und der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie, 12. Biogastag Baden-Württemberg, 16.02.2017, Stuttgart-Hohenheim

**Lemmer, A., Gescher, J., Kerzenmacher, S.:**

Bioelektrochemische Produktion von hochreinem Biogas aus Abfallstoffen. Statuskolloquium Umweltforschung Baden-Württemberg 2017, 23.02.2017, Stuttgart

**Lemmer, A.:**

Digester Biology, Planning Parameters, Process Control and Troubleshooting. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV", 8.-11.03.2017, Stuttgart-Hohenheim

**Lemmer, A., Morozova, I.:**

Nutrient management by separation of digestate. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV", 8.-11.03.2017, Stuttgart-Hohenheim,

**Lemmer, A., Krümpel, J.:**

Demand-Driven Biogas Production in Anaerobic Filters. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV", 8.-11.03.2017, Stuttgart-Hohenheim

**Lemmer, A.:**

Digester Biology – an Introduction. IBBK International Biogas Operating and Engineering Course, 24.04.2017, Stuttgart-Hohenheim

**Lemmer, A.:**

Entwicklung der Biogastechnologie und Vorstellung der Forschungsbiogasanlage „Unterer Lindenhof“. Seminarvortrag, 20.06.2017, Eningen u.A.

**Lemmer, A.:**

Anpassungsstrategien im Nährstoffmanagement – Möglichkeiten und Grenzen der Gärrestaufbereitung. Workshop Biogas aktuell, 05.12.2017, Aulendorf

**Lecker, B.; Illi, L.; Lemmer, A.; Oechsner, H.:**

Biological hydrogen methanation - a review. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Lindner, J.; Miroshnichenko, I.:**

Biogas potential of livestock farming residues in the Belgorod region in Russia. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV", 8.-11.03.2017, Stuttgart-Hohenheim

**Meissner, K.; Awiszus, S.; Reyer, S.; Grumaz, C.; Bach, M.; Cossel, M.; Steinbrenner, J.; Müller, T.; Oechsner, H.; Lewandowski, I.; Sohn, K.; Müller, J.:**

Gobi - General optimization of biogas processes. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Merkle, W.:**

Effects of high pressure anaerobic digestion up to 50 bar on pH-value, specific methane yield and gas quality. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Merkle, W.:**

Advanced biogas course: Process biology, planning of biogas stations, feedstock and pretreatment, biogas utilization. Workshop at the Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno of the Universidad de Costa Rica, 21.05-04.06.2017, San Jose, Costa Rica

**Nägele, H.-J.:**

Flexibilisierung in der Biogas- bzw. Stromproduktion. Tagung des Fachverbands Biogas und der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie, 12. Biogastag Baden-Württemberg, 16.02.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Nägele, H.-J.; Kress, P.:**

Studie zur Effizienzmessung eines neuartigen und innovativen Rührwerks für Substrate in Biogasanlagen und des dessen Strömungsverhalten. 23.02.2017, Statuskolloquium Umweltforschung Baden-Württemberg 2017, Stuttgart

**Nägele, H.-J.:**

Practical Examples for Pretreatment and its effects - The example of horse manure. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Nägele, H.-J.; Steinbrenner, J.; Hermanns, G.; Holstein, V.; Haag, N.L.; Oechsner, H.:**

Innovative additives for chemical desulphurisation in biogas processes: A comparative study on iron compound products. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Nägele, H.-J.:**

Effiziente Vergärung und flexible Biogasproduktion. 8. Biogastagung der Landwirtschaftskammer Niedersachsen „Flexibel in die Zukunft – ein Morgen für Biogas“, 14.03.2017, Verden

**Oechsner, H.:**

Bedingungen zur Inaktivierung von Unkrautsamen im Biogasprozess. Biogas-Infotage 2017, renergie Allgäu e.V., 18.-19.01.2017, Ulm

**Oechsner, H.; Siemeister, F.:**

Praxisverfahren zur Gärrestaufbereitung. Biogas-Infotage 2017, renergie Allgäu e.V., 18.-19.01.2017, Ulm

**Oechsner, H.; Ullrich, T.:**

Power-to-Gas - was haben die bisherigen Versuche gezeigt?. Biogas-Infotage 2017, renergie Allgäu e.V., 18.-19.01.2017, Ulm

**Oechsner, H.; Nägele, H.-J.; Kress, P.:**

Studie zur Effizienzmessung eines neuartigen Rührwerks für Substrate in Biogasanlagen und zu dessen Strömungsverhalten. Statuskolloquium Umweltforschung Baden Württemberg, 22.-23.02.2017, Stuttgart

**Oechsner, H.; Nägele, H.-J.:**

Biogas production in Germany - state of the art and research at State Institute of Agricultural Engineering. Great Cycle Meeting am 5.-10.03.2017, Stuttgart

**Oechsner, H.:**

Investigation on fertilizer production from digestate on a two stage vacuum vaporizer. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Oechsner, H.; Haag, N.L.; Nägele, H.-J.; Piezka, C.; Scherer, T.M.:**

Valorisation of organic platform chemicals in the biogas process chain. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Oechsner, H.:**

Measuring concept for the biogas measuring programme (BMP-III). III. Konferenz "Monitoring & Process Control of anaerobic digestion plants", 29.-30.03.2017, Leipzig

**Oechsner, H.:**

Verfahrensentwicklung für den Einsatz der biologischen Methanisierung in der zweistufigen Biogaserzeugung (BioHydroMethan). BML/FNR-Fachgespräch "Biologische Methanisierung", 25.04.2017, Berlin

**Oechsner, H.:**

New challenges for biogas production. Biotransformation of agricultural, livestock and agroindustrial wastes: The challenge of the Bioeconomy. Vsiger Simposio inernational sobre gerenciamento dos residuos agropecuarios e agroindustriais, 9.-11.05.2017, Foz do Iguacu, Brasilien

**Oechsner, H.:**

Design of plants - Loading rate and HRT, calculation of gas yield of different substrates. Biotransformation of agricultural, livestock and agroindustrial wastes: The challenge of the Bioeconomy. Vsiger Simposio internacional sobre gerenciamento dos residuos agropecuarios e agroindustriais, 9.-11.05.2017, Foz do Iguacu, Brasilien

**Oechsner, H.:**

Substrates for the biogas plants- ingredients, pretreatment, hygiene, weed-seeds. Biotransformation of agricultural, livestock and agroindustrial wastes: The challenge of the Bioeconomy. Vsiger Simposio internacional sobre gerenciamento dos residuos agropecuarios e agroindustriais, 9.-11.05.2017, Foz do Iguacu, Brasilien

**Oechsner, H.:**

Biogas process, process stability, troubleshooting. Biotransformation of agricultural, livestock and agroindustrial wastes: The challenge of the Bioeconomy. Vsiger Simposio internacional sobre gerenciamento dos residuos agropecuarios e agroindustriais, 9.-11.05.2017, Foz do Iguacu, Brasilien

**Oechsner, H.:**

Dubiosatrestester im Biogasprozess. Projektabschlussbesprechung, 19.05.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Oechsner, H.:**

Von der Gaserzeugung zur stofflichen Nutzung-Potenzial von Biogasanlagen für die Zukunft. Fortbildung "Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG) 2017 der LEL 2/257-1 - Biogasnutzung im nächsten Jahrzehnt" 20.06.2017 Schwäbisch Gmünd

**Oechsner, H.:**

Process control and troubleshooting. Influencing factors in the biogas process – Workshop Khon Kaen, Thailand, 25.07.2017

**Oechsner, H.:**

Gewinne von organischen Grundchemikalien und Biogasprozess. C.A.R.M.E.N. Symposium. Watt, Wärme, Werkstoffe – smart & sauber am 10.-11.07.2017, Straubing, Tagungsband: <https://www.carmen-ev.de/infothek/downloads>

**Oechsner, H.:**

Biogas generation with fibrous substrates - a study with horse manure. 7th International Conference on Fermentation Technology, 25.-28.07.2017, Khon Kaen, Thailand

**Oechsner, H.; Lecker, B.; Illi, L.; Ullrich, T.; Lemmer, A.:**

Power-to-Gas: Biologische Methanisierung von Wasserstoff zu Biomethan - Möglichkeiten und Grenzen. KTBL/FNR-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven“ am 26.-27.09.2017, Bayreuth, KTBL-Schrift 512

**Oechsner, H.:**

Besondere Gäreigenschaften von Gülle und Festmist - Wirkungen auf Anlagentechnik und Gesamtanlagensystem. 13. Sächsischer Biogastag, 19.10.2017, Klipphausen OT Groitzsch

**Oechsner, H.:**

Financial evaluation of the animal manure biogas projects (livestock and poultry). Great Cycle Meeting 2017 International Symposium on Animal Manure and Recycling Program, 20.-25.10.2017, Yantai Institute CAU, China

**Oechsner, H.:**

Improvement of the nutrient cycle for agricultural residues through biogas technology, separation and drying systems. Great Cycle Meeting 2017 International Symposium on Animal Manure and Recycling Program, 20.-25.10.2017, Yantai Institute CAU, China

**Oechsner, H.; Nägele, H.-J.:**

"Biogas production in Germany - State of the art and research at the State Institute of Agricultural Engineering and Bioenergy". Great Cycle Meeting 2017 International Symposium on Animal Manure and Recycling Program, 20.-25.10.2017, Yantai Institute CAU, China

---

**Steinbrenner, J.; Nägele, H.-J.; Oechsner, H.:**

Plattformchemikalien: Chancen für die Landwirtschaft. Biogas-Infotage 2017, renergie Allgäu e.V., 18-19.01.2017, Ulm

**Surendra, K.C.; Ogoshim R.; Reinhardt-Hanisch, A.; Oechsner, H. Hashimoto, A.G.; Khanal, S.K.:**

High yield tropical energy crops for bioenergy production: effect of plant components, harvest years, and locations on biomass composition and subsequent biogas production. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Ullrich, T.; Lemmer, A.:**

Use of biological methanation of PtG-Concepts: Fermentative high-pressure methanation of hydrogen. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Zielonka, S.; Kumanowska, E.:**

Zweiphasige Vergärung von Zuckerrüben zur Biomethanherzeugung. Biogas-Infotage 2017, renergie Allgäu e.V., 18-19.01.2017, Ulm

## Poster

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

Wasserstoffmethanisierung bei zweiphasiger Prozessführung: Optimierung und Variation der Prozessparameter, 5. FNR/KTBL-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“, FNR/KTBL., 26.-27.10.16, Bayreuth

**Kress, P.; Nägele, H.-J.; Oechsner, H.:**

Flow velocity in CSTR biogas digesters: a full-scale study. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Kumanowska, E.; Zielonka, S.; Oechsner, H.:**

Zweiphasige Vergärung von Zuckerrüben zur Biomethanherzeugung, 5. FNR/KTBL-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“, FNR/KTBL., 26.-27.10.16, Bayreuth

**Kumanowska, E.; Zielonka, S.; Oechsner, H.**

Two-phase anaerobic digestion of sugar beet for biomethane production. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Merkle, W.:**

„Autogenerative high pressure biomethane production for grid injection (AG-HiPreFer)“. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Merkle, W.:**

„Biowaste to fuel - Kombination von zweistufiger Druckfermentation und Fischer-Tropsch-Synthese zur Erzeugung von flüssigen synthetischen Kohlenwasserstoffen“. 2. Bioökonomietag Baden-Württemberg, 04.-05.10.2017, Stuttgart

**Nägele, H.-J.:**

Flexible Biogasproduktion. 5. FNR/KTBL-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“, FNR/KTBL, 26.-27.10.16, Bayreuth

**Ravi, P. P.; Lemmer, A.:**

Integration of Membrane Filtration in Two-Stage Biogas Systems: Specific methane yield potentials of permeate and hydrolysate. 8th International conference on Biofuels, Bioenergy & Bioeconomy, Sao Paulo, Brazil, 4.-5.12.2017

**Ravi, P. P.; Lemmer, A.:**

Fermentative Conversion of Vegetable Waste in Two-Stage Biogas Systems. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8.-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

---

---

**Siemeister, F.; Oechsner, H.:**

Optimization digestate processing technologies to obtain marketable nitrogen fertilizer. Internationale Konferenz "Progress in Biogas IV" 8-11.03.2017, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Steinbrenner J., Nägele H.-J., Oechsner H.,**

Production of organic acids and biogas – Effects of ensiling treatments and temperature on organic acid production in grass silage, Biofuels, Bioenergy and Bioeconomy conference 2017, Sao Paulo

### Sonstige Veröffentlichungen

**Oechsner, H.:**

Verfahren der Aufbereitung von Flüssigmist, In: Jungbluth, Büscher, Krause: Technik Tierhaltung. 2017, 2. Auflage. Ulmer Verlag UTB 2641, S. 218-241

**Oechsner, H.; Ruile, S.;**

Lagerbedarf reduzieren. 2017, DLG-Mitteilungen 5/2007. [www.dlg-mitteilungen.de](http://www.dlg-mitteilungen.de), S. 54 - 56

# 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. Hans-Joachim Nägele (Post-Doc)

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

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

Dr. sc. agr. Johannes Krümpel (Post-Doc)

Dr. sc. agr. Wolfgang Merkle (Post-Doc)

## Laboringenieur/in

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

## Doktoranden/innen<sup>1)</sup>

M.Sc. Benedikt Hülsemann

M.Sc. Bernhard Lecker

M.Sc. Elzbieta Kumanowska

M.Sc. Ievgeniia Morozova

M.Sc. Jörg Steinbrenner

M.Sc. Lijun Zhou

M.Sc. Lukas Illi

M.Sc. Padma Priya Ravi

M.Sc. Philipp Kress

M.Sc. Timo Ullrich

## Technische Mitarbeiter/innen und Projektassistentin

Dipl.-Ing. agr. Christof Serve-Rieckmann

B.Sc. Saliha Ezgi Küver,

B.Sc. Daniel Riehle

B.Sc. Armin Kinigadner

B.Sc. Florian Siemeister

B.Sc. Nadiia Nikulina

## CT Assistentinnen

Dipl.-Biol. Annette Buschmann

Jacqueline Kindermann

<sup>1)</sup> Promotionsarbeiten unter wissenschaftlicher Betreuung von Prof. Dr. Thomas Jungbluth

# Das Personal der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie

## Leiter der Landesanstalt

Dr. Hans Oechsner



## Oberleiter der Landesanstalt

Prof. Dr. Thomas Jungbluth



## Stellvertretender Leiter der Landesanstalt

Dr. Andreas Lemmer



## Sekretariat

Margit Andratschke



## Wissenschaftliche Mitarbeiterin & Mitarbeiter



Dr. Hans-Joachim Nägele



Dr. Simon Zielonka



Dr. Jonas Lindner



Dr. Johannes Krümpel



Dr. Wolfgang Merkle



Dr. Annett Reinhardt-Hanisch

## Doktorandinnen & Doktoranden



Benedikt Hülsemann



Bernhard Lecker



Elzbieta Kumanowska



Ievgeniia Morozova



Jörg Steinbrenner



Lukas Illi



Lijun Zhou



Padma Priya Ravi



Philipp Kress



Timo Ullrich

## Technische Mitarbeiter/innen und Projektassistentin

Analytisches Labor

Versuchstechnikerin & Versuchstechniker

Projektassistentenz



Annette Buschmann



Jaqueline Kindermann



Christof Serve-Rieckmann



Armin Kinigadner



Daniel Riehle



Florian Siemeister



Saliha Ezgi Küver



Nadiia Nikulina



**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](mailto:la740@uni-hohenheim.de)

Homepage: [www.uni-hohenheim.de/labioenergie](http://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, Dr. 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, Dr. Johannes Krümpel, Elzbieta Kumanowska, Ievgeniia Morozova, Nadia Nikulina, Sallha, Ezgi Küver