

# Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven

FNR/KTBL-Kongress  
vom 26. bis 27. September 2017  
in Bayreuth



## Fachliche Begleitung

KTBL-Arbeitsgruppe „Programmausschuss FNR/KTBL-Biogaskongress 2017“

Christoph Gers-Grapperhaus | Dr. Waldemar Gruber | Ulrich Keymer (Vorsitzender) |  
Dr.-Ing. Bernd Krautkremer | Dr.-Ing. Jan Liebetrau | Dr. Christiane Herrmann |  
Dr. Hans Oechsner | Mark Paterson | Dr.-Ing. Gerd Reinhold | Dr. Petra Schüsseler

### Ideeller Partner



### Medienpartner



Die Informationen der vorliegenden Schrift wurden vom KTBL und den Autoren nach bestem Wissen und Gewissen nach dem derzeitigen Stand des Wissens zusammengestellt. Das KTBL und die Autoren übernehmen jedoch keinerlei Haftung für die bereitgestellten Informationen, deren Aktualität, inhaltliche Richtigkeit, Vollständigkeit und Qualität.

© KTBL 2017

#### Herausgeber und Vertrieb

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)  
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt  
Telefon +49 6151 7001-0 | Fax +49 6151 7001-123 | E-Mail: [ktbl@ktbl.de](mailto:ktbl@ktbl.de)  
[vertrieb@ktbl.de](mailto:vertrieb@ktbl.de) | Telefon Vertrieb +49 6151 7001-189  
[www.ktbl.de](http://www.ktbl.de)

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des KTBL urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

#### Redaktion

Mark Paterson, Astrid Hauptmann, Bernd Wirth, Dr.-Ing. Katharina Müller | KTBL, Darmstadt

#### Satz

Serviceteam Herstellung | KTBL, Darmstadt

#### Titelfoto

© Countrypixel | Fotolia.com

#### Druck und Bindung

Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG | Frankfurt am Main

Printed in Germany

ISBN 978-3-945088-52-4

## Vorwort

Die Biogasbranche steht vor enormen Herausforderungen. Sie ist gefordert, sich dem Ende der bisherigen Vergütungsstrukturen aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz zu stellen, ihre Produkte an die bedarfsgerechte Bedienung der Märkte anzupassen und sich gemeinsam mit den Landwirten für eine nachhaltige Rohstoffproduktion zu engagieren.

Der bereits fünfte Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“ wird gemeinsam vom Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) ausgerichtet, um aufzuzeigen, wie die Akteure der Branche auf diese Ziele hinarbeiten, welche Möglichkeiten und Lösungsstrategien heute schon bestehen und was in Zukunft denkbar ist.

Beim Fachkongress am 26. und 27. September 2017 in Bayreuth stellen Wissenschaftler und Praktiker die aktuellen Erkenntnisse und Lösungsstrategien vor und diskutieren sie. Themenschwerpunkte sind u. a. die Chancen der Bestandsanlagen im EEG 2017, Anlagenflexibilisierung, Systemintegration, Power-to-Gas, Bioökonomie und die Optimierung der biologischen Prozesse.

Das Fachprogramm des diesjährigen FNR/KTBL-Biogaskongresses wurde durch einen eigens hierfür einberufenen Programmausschuss, bestehend aus renommierten Fachleuten aus Wissenschaft und Beratung, erarbeitet.

Begleitet wird das Programm von einer umfangreichen Ausstellung wissenschaftlicher Poster, die aktuelle Forschungsansätze und interessante Projektergebnisse vorstellen.

Der vorliegende Tagungsband bündelt die Fachbeiträge der Referenten sowie die Kurzfassungen der ausgestellten Posterbeiträge. Somit liefert er einen umfassenden Überblick über die Chancen und die aktuellen Problemfelder der Biogastechnik in der Landwirtschaft.

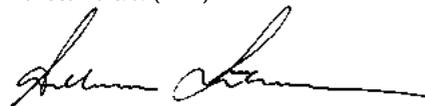
Für die engagierte Mitarbeit möchten wir allen Referenten, Moderatoren, Poster-Autoren und den Mitgliedern des Programmausschusses danken. Unser Dank richtet sich auch an die Kolleginnen und Kollegen, die den fünften Biogaskongress geplant und durchgeführt haben.

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



DR. MARTIN KUNISCH  
Hauptgeschäftsführer

Fachagentur Nachwachsende  
Rohstoffe e.V. (FNR)



DR.-ING. ANDREAS SCHÜTTE  
Geschäftsführer



# Inhalt

## Vorträge

Zukünftige Energiebereitstellung in Deutschland – Herausforderungen für die hiesige Energiewende und die Rolle der Bioenergie GERNOT KLEPPER.....	13
Biogas im Rahmen der Wärmewende – Aufgaben und Perspektiven FRANK BAUR .....	20
Systemintegration in der Praxis am Beispiel der Modellregion Unterallgäu Nordwest MARTIN SAMBALE, SEBASTIAN HARTMANN .....	30
Flexibilisierung von Biogasanlagen als Beitrag zur Reduzierung des notwendigen Netzausbaus ERIC MAUKY, TINO BARCHMANN, JÖRG KRETZSCHMAR, JAN LIEBETRAU.....	41
Systemtransformation durch Erbringung von Systemdienstleistungen mittels Biomasseanlagen UWE HOLZHAMMER, NORMAN GERHARDT, MATTHIAS PHILLIP .....	57
EEG 2017 – Umstellung der Förderung auf Ausschreibungsverfahren: Auswirkungen auf die Bioenergie BERNHARD DREHER .....	71
EEG 2017 – betriebswirtschaftlich eine (neue) Perspektive? MARTIN STROBL.....	76
Anpassungsstrategien für die Restlaufzeit von Biogasanlagen PETER SCHÜNEMANN-PLAG .....	92
Post EEG – Vergärung: Was ist möglich? GERD REINHOLD, MARTIN DOTZAUER.....	104
Prozessstörungen in landwirtschaftlichen Biogasanlagen – Ursachen, Mechanismen und Auswirkungen auf das Biogas-Mikrobiom SUSANNE THEUERL, JOHANNA KLANG, ANNETTE PROCHNOW.....	116
Charakterisierung komplexer mikrobieller Gemeinschaften mittels Metaproteomanalyse DIRK BENNDORF .....	128
<i>Clostridium difficile</i> in landwirtschaftlichen Biogasanlagen? BETTINA HUBER, BERNADETTE LERCH, MICHAEL LEBUHN .....	137

Möglichkeiten der flexiblen Biogasproduktion mit Bestandsanlagen HENNING HAHN, ERIC WULSTEN, LENA VOGEL, ALINA TOBY, FRANK SCHÜNEMEYER, DANIEL HAU, FABIAN JACOBI, KLAUS ANDUSCHUS.....	146
Regelbare Biogaserzeugung (ReBi) – flexible Gasproduktion mit schwer vergärbaren Substraten ACHIM LOEWEN, HEINER BROOKMAN, WALDEMAR GANAGIN .....	152
Direktvermarktung von Biogasstrom – ein Bericht aus der Praxis MANFRED GEGNER .....	161
Einsatz von strohartigen Biomassen in Biogasanlagen – Stand und Perspektiven BJÖRN SCHWARZ, MONIKA FLESCHHUT, DIETRICH BAYE .....	167
Biogasgewinnung aus Herbstlaub – Methanpotenziale und verfahrenstechnische Ansätze zur Prozessoptimierung CHRISTIANE TERBOVEN, CHRISTIANE HERRMANN, MATHIAS LEHMANN, JENS WECKENMANN .....	176
Biogaspflanzen entzaubert – ein Vergleich ANDREA BIERTÜMPFEL.....	185
Power-to-Gas und Biogas – eine intelligente Kombination für das zukünftige Energiesystem RAMONA SCHRÖER .....	195
Biologische Methanisierung von Wasserstoff zu Biomethan – Möglichkeiten und Grenzen HANS OECHSNER, BERNHARD LECKER, LUKAS ILLI, TIMO ULLRICH, ANDREAS LEMMER.....	211
Bioökonomie – Perspektiven für Biogas als Teil von Bioraffinerie- konzepten STEPHAN KABASCI.....	221
Systematische Schwachstellenanalyse an Biogasanlagen MATHIAS EFFENBERGER, ANDREAS BUSCHMANN, GABRIEL STREICHER.....	230
Messtechnische Überwachung diffuser, betriebsbedingter und/oder zeitlich variabler Methanemissionen aus Biogasanlagen TORSTEN REINELT.....	237
Düngewirkung von Gärresten unter besonderer Berücksichtigung des Elementes Phosphor SILVIA BACHMANN-PFABE, THERESA ZICKER, SEBASTIAN FIEDLER, BETTINA EICHLER-LÖBERMANN .....	250

Bio-LNG – Technologien und Perspektiven in Deutschland und Europa JOHAN GROPE, FRANK SCHOLWIN.....	258
Biomethantankstelle Energiehof Weitenau WINFRIED VEES .....	272
Aussagekraft von diskontinuierlichen Laborversuchen (Batchtests) zur Substrat- und Prozessbewertung von Biogasanlagen SÖREN WEINRICH, MARK PATERSON, JÜRGEN PRÖTER .....	278
Optimierung des Rühraufwandes bei Biogasanlagen zur Einsparung des Eigenenergieverbrauches HANS-JOACHIM NÄGELE, PHILIPP KRESS, HANS OECHSNER.....	296
Anlagentechnik und Prozessbiologie bei Vergärung hoher Anteile von Kleegras bzw. Grünlandaufwuchs RAINER KISSEL, MATHIAS EFFENBERGER .....	304

## Poster

Bienen und Wildtiere fördern durch mehrjährige Biogas-Wildpflanzen- mischungen MARTIN DEGENBECK, KORNELIA MARZINI.....	314
Demonstrationsprojekt Becherpflanze Oberfranken WALTER FISCHER, KATHRIN LINDNER, REINHARD WESINGER .....	317
Begleitforschung und Schauflächen zum Demonstrationsprojekt Silphie Oberfranken MAENDY FRITZ, THOMAS ETTLE, ROBERT BRANDHUBER.....	320
Bioenergieträger mit Blühaspekt: Leguminosen-Getreide-Gemenge VERONIKA EBERL, MAENDY FRITZ.....	323
Getreide GPS – Steigerung der Effizienz mit der Sortenwahl DOROTHEA HOFMANN, ANNA TECHOW, SVEN SCHABEL.....	326
Aquatische Makrophyten – ökologisch und ökonomisch optimierte Nutzung (Projekt AquaMak) LUCIE MOELLER, ANDREAS ZEHNSDORF, ALINE BAUER, HARALD WEDWITSCHKA, WALTER STINNER, SANDRA ROTH, MARKUS RÖHL, VASCO BRUMMER, CARSTEN HERBES.....	329
Index der relativen Anbauwürdigkeit (IrA) von Energiepflanzen KATHARINA HEY, WIEBKE FAHLBUSCH, BENEDIKT SAUER, ROLF RAUBER.....	332

Können vielfältigere Pflanzenmischungen den Spurenelementmangel in Biogasanlagen bei hohem Maisinput beheben?	
WIEBKE FAHLBUSCH, KATHARINA HEY, BENEDIKT SAUER, HANS RUPPERT .....	335
Auswirkungen von Cobalt- und Nickelmangel auf quasi-kontinuierliche Biogasprozesse und methanogene Gemeinschaften	
TINO PASOLD, MICHAEL DITTRICH-ZECHENDORF, HEIKE STRÄUBER, BENEDIKT SAUER, HANS RUPPERT .....	338
Auswirkung der Kofermentation verschiedener NawaRo auf den Methanertrag – erste Ergebnisse aus dem Projekt InterDigSoil	
SUSANNE OHL, EBERHARD HARTUNG .....	340
Rohrglanzgras als Bioenergiegras – Optimierung der Biomasseausnutzung und der Bioakkumulation von Wertstoffen (Phalaris II)	
ERIK FERCHAU, ANDREAS HERRMANN, OLIVER WICHE, HERMANN HEILMEIER, HARTMUT KRAUSE .....	343
Einfluss von Metall(oid)en aus dem Gärsubstrat auf Stabilität und Effizienz von landwirtschaftlichen Biogasanlagen	
NICOLAS WEITHMANN, SAMER BACHMAF, BRITTA PLANER-FRIEDRICH, RUTH FREITAG .....	346
Vergärung von Maissilage: Einfluss der Verweilzeit auf die Biogasbildung und das Mikrobiom	
BRIGITTE KEMPTER-REGEL, ANJA GROHMANN, NILS JOST, STEFFEN GÖRNER, CHRISTIAN GRUMAZ, KAI SOHN .....	348
Silierung von Maisstroh mit anaeroben Pilzen	
VERONIKA DOLLHOFER, TONY CALLAGHAN, MICHAEL LEBUHN.....	351
Isolierung und Identifizierung von aeroben und anaeroben Pilzen entlang ein- und zweistufiger Biogasprozesse	
DIANA YOUNG, VERONIKA DOLLHOFER, TONY CALLAGHAN, STEFAN REITBERGER, MICHAEL LEBUHN, J. PHILIPP BENZ .....	354
Einfluss verpilzter Einsatzstoffe auf den Biogasprozess und die hygienischen Eigenschaften von Gärresten	
MATHIAS HARTEL, FABIAN LICHTI, MICHAEL LEBUHN, BERNHARD MUNK, VERONIKA DOLLHOFER, KATRIN HARMS, KARSTEN MEYER, JOHANNES OSTERTAG, MARIANA SCHNEIDER .....	357
Optimierung der Methanausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen (OPTI-METHAN)	
MARÍA ALEJANDRA MUÑOZ RICAURTE, CHRISTIANE HERRMANN.....	360

Die Vitalitätsanalyse – Differenzierte Bewertung hydrolytischer Aktivität von Fermenterproben	
KAROLA ELBERG, JÜRGEN LENZ, UTE HABERMANN, MICHAEL NELLES .....	363
Mechanische Zerkleinerung als Substratvorbehandlung zur Biogaserzeugung: Überprüfung im Labormaßstab	
DIANA ANDRADE, JOHANNA BARTH, FABIAN LICHTL.....	366
Zweiphasige Vergärung von Zuckerrüben zur Biomethanerzeugung – Verfahrenstechnische Optimierung der Konservierung und der Konversion zur Steigerung der Energieausbeute	
ELZBIETA KUMANOWSKA, SIMON ZIELONKA, HANS OECHSNER .....	369
Zweiphasige Biogasanlagen (I): Untersuchung der Bioprozesscharakteristik und Emissionen	
RALF WINTERBERG, SYLVIA JAHN, ANNA-LENA JAFFKE, CHRISTIANA CORDES, GERHARD SCHORIES.....	371
Zweiphasige Biogasanlagen (II): Populationsanalyse	
DORIT BINDER, RICHARD PABST, PATRICIA HILDEBRANDT, GERHARD SCHORIES, CHRISTIANA CORDES.....	374
Verfahrenstechnische und enzymatische Charakterisierung einer flexiblen Biogasproduktion mit gezieltem Einsatz von Zuckerrübensilage	
KERSTIN MAURUS, WIEBKE KARAD, SHARIF AHMED, FRANK R. BENGELSDORF, MARIAN KAZDA.....	377
Flexible Fahrweise von Rührkesselreaktoren und Schauminimierung durch Tannine	
FAIKA BOZANKAYA, JULIA KOHL, JENS SCHRÖDER, THORSTEN AHRENS.....	379
Biochemische Konversion flüssiger, biogener Reststoffe mittels anaerober Hochlast-Reaktoren zur Optimierung konventioneller Biogasprozesse	
TOBIAS WEIDE, CHRISTOF WETTER, ELMAR BRÜGGING .....	382
FOR 10'000 Substratvorbehandlung: Verbesserung des anaeroben Abbaus von Überschussschlamm und Biomüll durch hydrodynamische Kavitation und Elektroporation	
STEFAN DECKER, ANDREAS SCHMID .....	385
Blümmischungen als Biogassubstrat: Überleben die Wildpflanzen-Samen?	
JULIANE HAHN, PAULA R. WESTERMAN, MONIKA HEIERMANN, BÄRBEL GEROWITT.....	388
Vorkommen von ESBL-bildenden <i>E. coli</i> in Biogasanlagen?	
BERNADETTE LERCH, BETTINA HUBER, MICHAEL LEBUHN .....	391

Mikrobiologische Bodenaktivität nach Düngung mit Gärresten aus verschiedenen Substraten – Erste Ergebnisse aus dem Projekt InterDigSoil SUSANNE BILLMANN-BORN, EBERHARD HARTUNG .....	394
Gärda – Düngung mit Gärresten in Dauerkulturen: Optimierung der Düngetermine JONAS HAAG, MAENDY FRITZ .....	397
Entwicklung einer Anlage zur Hygienisierung und Trocknung von schlammartigen Biomassen mithilfe von Branntkalk DANIEL BAUMKÖTTER, CHRISTOF WETTER, ELMAR BRÜGGING .....	399
Gärrestaufbereitung als Beitrag zur Nährstoffentfrachtung in Überschussregionen - Kosten und Treibhausgasemissionen URSULA ROTH, SEBASTIAN WULF, MAXIMILIAN FECHTER, CARSTEN HERBES, JOHANNES DAHLIN .....	402
Optimierung einer Feinseparation für die Aufbereitung von Rindergülle und Gärresten – OptiSep CHRISTOF WETTER, ELMAR BRÜGGING, DANIEL BAUMKÖTTER, LUKAS WETTWER.....	404
Mest op Maat – Nachhaltiger Dünger nach Maß ELMAR BRÜGGING, CHRISTOF WETTER, DANIEL BAUMKÖTTER .....	407
Power-to-Gas: Wasserstoffmethanisierung bei zweiphasiger Prozessführung LUKAS ILLI, BERNHARD LECKER, HANS OECHSNER .....	410
Biogene Methanisierung von Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid MATTHIAS GRUTTMANN, CHRISTOF WETTER, ELMAR BRÜGGING.....	411
Thermophile biologische Methanisierung im MikMeth-Prozess MICHAEL LEBUHN, DIETMAR STRÜBING, BETTINA HUBER, KONRAD KOCH, JÖRG E. DREWES .....	414
Stationäre Kleingasturbine im Biogasbetrieb JOHAN M. FELDWISCH, MARKUS HERBIG, DIETER PEITSCH .....	417
Volumenstromänderung bei der instationären Methanisierung von CO <sub>2</sub> in einem wandgekühlten Festbettreaktor GEORG TAUER, CHRISTOPH KERN, ANDREAS JESS .....	420
Nachgärer als Wärmespeicher für flexible Biogasanlagen INGOLF SEICK, JÜRGEN WIESE .....	422

Politische Prozesse der Bioökonomie zwischen Ökonomie und Ökologie – BIO-ÖKOPOLI: Fallgruppe Bioenergie KATRIN BEER, MICHAEL BÖCHER, ALEXANDER BOLLMANN, DANIELA PERBANDT, ANNETTE ELISABETH TÖLLER, THOMAS VOGELPOHL .....	425
Klimaschutz durch Biogasanlagen MARIE WELLNER, LUDWIG THEUVSEN .....	427
No Agro Waste: Innovative Ansätze zur Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe in der Bioökonomie KATRIN KAYSER, TRISTAN GRUSZKOS, MICHAEL KÖTTNER .....	430
Bewertung des Energiepflanzenanbaus für Biogasanlagen vor dem Hintergrund der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie – aus Sicht von Experten der Landesministerien CHRISTINE VON BUTTLAR, MATTHIAS WILLMS.....	433
Biogasbenchmark Münsterland DANIEL RABEN, DANJA LEIERS, CHRISTOF WETTER, ELMAR BRÜGGING.....	436
Bestandsentwicklung des Biogasanlageparks Baden-Württembergs – Mögliche Auswirkungen des EEG 2017 JOSHUA GÜSEWELL, MARLIES HÄRDTLEIN, LUDGER ELTROP.....	439
Ersatz- und Erweiterungsinvestitionen bei Biogasanlagen – Beratungstools zur Ermittlung der optimalen Nutzungsdauer CLEMENS FUCHS, JESSY BLASCHKE, JOACHIM KASTEN, KATHARINA SKAU, FRANK RIXEN.....	442
Basic Engineering und simulative Bewertung eines Energiesystems basierend auf Biogas aus biogenen Reststoffen ANNE VOGL, THERESA WEITH, ACHIM SCHMIDT-RODENKIRCHEN, MARKUS PREISSINGER, DIETER BRÜGGEMANN.....	445
Flexible Biogasanlagen als regionale Ausgleichsoption in deutschen Stromverteilernetzen TINO BARCHMANN, MARTIN DOTZAUER, TINA SCHMALFUSS, MARCUS TROMMLER.....	448
 Anhang Mitwirkende.....	  451