



# INTERNATIONALE REIHE AGRIBUSINESS

Band 18 Rhena Kröger

## **Gülleseparation und Güllefeststoffvergärung: Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit**



Cuvillier Verlag Göttingen  
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag



**Internationale Reihe Agribusiness**

Band 18

Hrsg. von Ludwig Theuvsen und Matthias Heyder

ISSN 1869-9316





# **Gülleseparation und Güllefeststoffvergärung: Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades  
der Fakultät für Agrarwissenschaften  
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von

**Rhena Kröger**

geboren in Hannover

Göttingen, im November 2015



## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen: Cuvillier, 2016

Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2015

D7

1. Referent: Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

2. Referent: Prof. Dr. Achim Spiller

Tag der mündlichen Prüfung: 19. November 2015

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2016

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

[www.cuvillier.de](http://www.cuvillier.de)

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2016

Gedruckt auf umweltfreundlichem, säurefreiem Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft.

ISBN 978-3-7369-9185-9

eISBN 978-3-7369-8185-0



## Geleitwort

In den vergangenen Jahrzehnten ist es zu einer zunehmenden betrieblichen und räumlichen Spezialisierung in der Landwirtschaft gekommen. Als Folge ist unter anderem eine starke regionale Konzentration der Tierhaltung zu beobachten, die zu erheblichen Schwierigkeiten im Bereich des Nährstoffmanagements geführt hat. Während diese Problematik für Veredelungsregionen wie das Oldenburger Münsterland schon seit längerem bekannt ist, sind in neuerer Zeit namentlich aufgrund der Verlagerung der Milchproduktion auf Gunststandorte zunehmend auch Futterbauregionen wie die Wesermarsch mit dieser Herausforderung konfrontiert worden. Verschärft worden ist die Nährstoffproblematik durch den zwischenzeitlichen Biogas-Boom, der zu weiteren Nährstoffkonzentrationen in den ohnehin bereits durch Nährstoffüberschüsse gekennzeichneten Gebieten geführt hat. Sowohl unter dem Aspekt der Sicherstellung einer guten chemischen Qualität der Grundwasserkörper wie auch der Einhaltung (düngerechtlicher Rahmenbedingungen bedeutet diese Situation eine wachsende Herausforderung für die Landwirtschaft. Daher wird intensiv nach Lösungsmöglichkeiten für das Nährstoffproblem in viehdichten Regionen gesucht. Gleichzeitig besteht ein erheblicher Bedarf an alternativen Gärsubstraten für Biogasanlagen, da letztere Gegenstand einer in der Gesellschaft lebhaft geführten Tank-oder-Teller-Diskussion sind. Frau Kröger hat sich mit ihrer Dissertation, die im Rahmen eines durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) geförderten Drittmittelprojekts entstanden ist, an der Suche nach Lösungen für die skizzierten Probleme beteiligt. Die Verfasserin hat damit eine aus Sicht der deutschen Landwirtschaft wie auch für die Zukunft der Biogaserzeugung außerordentlich bedeutsame Fragestellung aufgegriffen. Im Einzelnen beschäftigt sich Frau Kröger in ihrer Dissertationsschrift im Wesentlichen mit drei Themenstellungen: der ökonomischen Bewertung alternativer technischer Lösungen für die Separation von Rindergülle, der Akzeptanz von Güllefeststoffen als Gärsubstrat durch die Betreiber von Biogasanlagen sowie den Möglichkeiten der Erschließung alternativer Vermarktungswege für Gärreste.

Die von Frau Kröger verfasste Arbeit nutzt zur Beantwortung der aufgeworfenen Fragestellungen ein breites Spektrum geeigneter wissenschaftlicher Theorie und Methoden, ist aber zugleich auch durch einen ausgeprägt anwendungsorientierten Fokus charakterisiert. Dies ist die Grundlage für das große Interesse, das der Arbeit und den Untersuchungsergebnissen sowohl in der Wissenschaft wie auch der betrieblichen Praxis



entgegengebracht wird. Ich wünsche der Arbeit von Frau Kröger weiterhin die verdiente Aufmerksamkeit.

Göttingen, im Dezember 2015

- Prof. Dr. Ludwig Theuvsen -



*„Der höchste Lohn unserer Bemühungen ist nicht das,  
was wir dafür bekommen, sondern das,  
was wir dadurch werden.“*

*John Ruskin*

## **Danksagung**

Nach knapp drei Jahren Arbeit ist sie nun fertig: meine Dissertation. Damit ist es auch an der Zeit, mich bei denjenigen zu bedanken, die mich in dieser herausfordernden und spannenden Zeit meines Lebens begleitet haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. Ludwig Theuvsen, der es mir ermöglicht hat, an seinem Lehrstuhl diese Doktorarbeit anzufertigen. In jeder Phase dieser Arbeit konnte ich mich auf seine Unterstützung zu inhaltlichen und methodischen Fragen verlassen. Ohne seine schützende und an notwendiger Stelle fordernde Hand wäre die Arbeit nicht zu dem gewordenen, was sie nun ist. Danken möchte ich ihm auch für die Freiheiten, die er mir während meiner Zeit am Lehrstuhl gewährt hat. Des Weiteren möchte ich mich bei meinem Zweitprüfer Prof. Dr. Achim Spiller für die Übernahme des Gutachtens bedanken. Auch Prof. Dr. Gabriele Broll, die das Prüfungskomitee komplettiert hat, gebührt besonderer Dank.

Die Möglichkeit zur Anfertigung einer Promotion bedarf auch der finanziellen Unterstützung. Diese habe ich durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. durch das Projekt „Nutzung von separierter Rindergülle als alternatives Gärsubstrat in der Biogasproduktion: technische Möglichkeiten und ökonomische Bewertung“ erhalten. In diesem Rahmen möchte ich mich auch bei allen Projektbeteiligten – den Projektpartnern der Universität Osnabrück sowie den beteiligten Studenten – für die Zusammenarbeit bedanken.

Ein weiterer Dank gilt meinen Kolleginnen und Kollegen im Blauen Turm. Die freundschaftliche und hilfsbereite Atmosphäre, wie ich sie an unserem Lehrstuhl „Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness“ kennengelernt habe und die schönen Momente neben der Arbeit, haben für mich die Zeit der Promotion deutlich angenehmer und abwechslungsreicher gestaltet.

Die Promotion verlangt einen hohen persönlichen Einsatz, Durchhaltevermögen und die Bereitschaft, auf etwas zu verzichten. Nicht minder aufreibend waren die vergangenen



Jahre daher auch für meine Familie, die mich in den letzten Jahren immer unterstützt hat. Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern Ines und Holger Kröger. Ihr habt mir während meiner ganzen Studienzeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden. Ihr habt Hagen und mich immer bestärkt, unseren Weg zu gehen und habt uns dabei unterstützt und wieder aufgebaut, wenn wir mal eine falsche Abzweigung genommen haben. Dafür sind wir Euch sehr, sehr dankbar.

Darüber hinaus bin ich dankbar, meinen Freund Wolf-Alexander Littmann an meiner Seite zu haben. Auch wenn Du anfangs von der Idee der Promotion nicht so begeistert warst, hast Du mich dennoch auf dem Weg immer unterstützt. Du hast Dir Zeit genommen, wenn ich deine Hilfe brauchte und mich in schwierigen Phasen wieder aufgebaut. Danke!

Göttingen, im Dezember 2015

- Rhena Kröger -



## Inhaltsverzeichnis

<b>Geleitwort</b> .....	<b>V</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>VII</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>Teil I: Ökonomische Betrachtung der Separation von Rindergülle</b>	
I.1 Kostenvergleich von Pressschneckenseparatoren bei der Separation von Rindergülle.....	13
I.2 Separation of cattle slurry: Technical solutions and economic aspects.....	23
<b>Teil II: Güllefeststoffvergärung</b>	
II.1 Güllefeststoffe als Gärsubstrat für Biogasanlagen – Ergebnisse einer empirischen Erhebung unter Biogasanlagenbetreibern.....	39
II.2 Identifikation von Einflussfaktoren auf die Nutzung von Güllefeststoffen als Gärsubstrat in Biogasanlagen.....	67
II.3 Einsatz von Güllefeststoffen als Gärsubstrat: Ergebnisse einer Clusteranalyse.....	105
II.4 Güllefeststoffe als Gärsubstrat: Wird die Kluft im Diffusionsprozess übersprungen?.....	117
II.5 Akzeptanz und Potenziale der Feststoffvergärung.....	139
II.6 Güllefeststoffvergärung in Biogasanlagen: Ein Beitrag zur Verminderung regionaler Nährstoffüberschüsse?.....	165
<b>Teil III: Vermarktung von Gärresten</b>	
III.1 Gärreste als Gartendünger vermarkten?.....	187
<b>Schlussbemerkung</b> .....	<b>211</b>
<b>Veröffentlichungs- und Vortragsverzeichnis</b> .....	<b>223</b>
<b>Lebenslauf</b> .....	<b>227</b>





## Einleitung

Seit rund 50 Jahren vollzieht sich in der deutschen Landwirtschaft ein tiefgreifender Umbruch (BÄURLE und TAMÁSY, 2012). Eine Vielzahl an wirtschaftlichen, politischen und institutionellen Veränderungsprozessen prägen dabei das Bild des Agrarstrukturwandels (KIRSCHKE et al., 2007). Sich immer schneller verändernde Rahmenbedingungen und die Entwicklungen auf den Agrarmärkten stellen die Landwirtschaft dabei vor immer neue Herausforderungen (BAHRS et al., 2007; WARNECKE et al., 2011). Ein starkes Wachstum der durchschnittlichen Betriebsgrößen, eine zunehmende Spezialisierung der Betriebe und eine fortschreitende Konzentration der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung auf wenigen Gunststandorten sind Folgen dieser Entwicklung. Erheblich gestiegene Viehdichten, vor allem in den „Veredlungshochburgen“, mit entsprechenden Umweltwirkungen sind Begleiterscheinungen dieser strukturellen Entwicklungen.

Eine ernstzunehmende Folge des Agrarstrukturwandels ist die in den letzten Jahren zu beobachtende Verschlechterung der Grundwasserqualitäten in vielen Regionen. Besonders problematisch ist dies vor allem deshalb, weil das Grundwasser eine natürliche Ressource ist, die sich zwar stetig erneuert, aber trotzdem nur begrenzt vorhanden ist und nicht mittels alternativer Ressourcen substituiert werden kann (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2012). Insbesondere Einflüsse aus der Landwirtschaft gefährden den ökologisch und chemisch „guten Zustand“ der Gewässer, der nach Artikel 4 der europäischen Wasserrahmenrichtlinie erreicht werden soll (WRRL, 2000). Der ökologische Zustand wird beispielsweise durch übermäßige Wasserentnahmen zur Feldberegnung negativ beeinflusst (BATTERMANN und THEUVSEN, 2010), während der chemische Zustand durch unterschiedliche Stoffeinträge, insbesondere Stickstoff (bzw. Nitrat) (ARLE et al., 2013), verschlechtert wird. Nitratauswaschungen ins Grundwasser aus der Landwirtschaft sind als eine wichtige Verursacherquelle zu nennen (BARUNKE, 2002; BMU und BMELV, 2012). Als Gründe dafür sind zum einen die zunehmende Spezialisierung und Konzentration der Viehhaltung auf Gunststandorten zu nennen (LASSEN et al., 2008; BÄURLE und TAMÁSY, 2012), zum anderen der in den letzten 10 bis 15 Jahren zu beobachtende starke Ausbau der Biogasproduktion (FvB, 2013; FvB, 2014).

Diese beiden Entwicklungen haben dazu geführt, dass immer größere Mengen an tierischen und pflanzlichen Wirtschaftsdüngern auf der begrenzt zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Nutzfläche ausgebracht werden müssen (IGLU, 2011). In vielen Regionen hat sich in Folge dessen ein Ungleichgewicht in Form von Nährstoffüber-



schüssen entwickelt (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2013; WÜSTHOLZ, 2014). Insbesondere in den viehrefleichen Regionen Niedersachsens und Nordrhein-Westfalens stehen die viehhaltenden Betriebe vor der Herausforderung, die anfallenden Nährstoffe im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben fachgerecht auszubringen. Eine Zuspitzung der Situation ist mit dem einsetzenden Biogas-Boom erfolgt, da mit dem gestiegenen Bedarf an Energiepflanzen zusätzlicher Bedarf an Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe entstand und der Bodenmarkt weiter angeheizt wurde (THEUVSEN et al., 2010; HABERMANN und BREUSTEDT, 2011). Da die für die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe eingesetzten Flächen nicht mehr für die Produktion von betriebseigenen Futtermitteln eingesetzt werden konnten, stiegen parallel die Futtermittel- und damit die Nährstoffimporte in Regionen mit intensiver Viehhaltung. Ferner hat der Bau von Biogasanlagen in Veredlungsregionen dazu geführt, dass die wirtschaftlichen Anreize, transportwürdige Wirtschaftsdünger wie Hühnertrockenkot oder Hähnchenmist zu exportieren, gesunken sind. Aufgrund fehlender regionaler Vermarktungsmöglichkeiten von Wirtschaftsdüngern und zum Teil erheblicher regionaler Nährstoffüberschüsse bei einer gleichzeitigen Verschärfung der rechtlichen Rahmenbedingungen – teils in Form einer sich abzeichnenden Veränderung der Rechtslage, teils in Form einer intensiveren Überprüfung der Einhaltung des geltenden rechtlichen Rahmens – wird zunehmend der überregionale Transport von Wirtschaftsdüngern in Betracht gezogen (WARNECKE et al., 2011). Während der Transport von Hühnertrockenkot, Hähnchen- und Putenmist bereits gang und gäbe ist, weisen Rinder- und Schweinegülle aufgrund des hohen Wassergehaltes eine deutlich niedrigere Transportwürdigkeit auf.

Lange Transportwege zu Regionen mit Nährstoffbedarf und die geringe Transportwürdigkeit von Rinder- und Schweinegülle haben zu Bestrebungen geführt, die Wirtschaftlichkeit von Wirtschaftsdüngertransporten zu verbessern. In diesem Zusammenhang ist das bereits seit den 1970er Jahren bekannte Verfahren der Gülleseparation erneut in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Durch die Gülleseparation wird eine Feststofffraktion erzeugt, die mit Nährstoffen angereichert ist und aufgrund des im Vergleich zur Rohgülle geringeren Wassergehaltes eine höhere Transportwürdigkeit aufweist. Der Export der Güllefeststoffe in Regionen außerhalb der Nährstoffüberschussregionen wird daher als ein möglicher Lösungsansatz gesehen, um die erheblichen Nährstoffüberschüsse in Regionen mit hoher Viehdichte abzubauen (KOWALEWSKY, 2009).

Bereits vor rund 40 Jahren wurden erste Untersuchungen zur Gülleseparation durchgeführt. Im Zentrum des Interesses stand dabei zunächst die technische Umsetzung. PAIN



et al. (1978) sowie später REXILLUS und RÜPRICH (1989), REIMANN und POTSDAM (1991) sowie ZHANG und WESTERMANN (1997) untersuchten beispielsweise verschiedene Separatoren beim Einsatz unterschiedlicher Gülle (zitiert nach MØLLER et al., 2000). In späteren Arbeiten von RAWERT (1995), WEILAND (2002) und ALBERS (2010) standen neben der Durchführbarkeit und der Effizienz der Technik die Verbesserungen der Gülleeigenschaften, pflanzenbauliche Vorteile und die Verringerung von Geruchsemissionen im Vordergrund. Die verschiedenen Studien kamen u.a. zu dem Ergebnis, dass die Durchsatzleistungen der Separatoren und die Nährstoffabscheidung von der Art der eingesetzten Separationstechnik abhängig sind. Pressschneckenseparatoren erreichen höhere Durchsatzleistungen als Zentrifugen und Wendelfilter; hingegen erreichen Zentrifugen und Wendelfilter höhere Nährstoffabscheideraten. Ökonomische Analysen zur Gülleseparation wurden von MEIER (1994), RAWERT (1995) und MØLLER et al. (2000) durchgeführt. MEIER (1994) kommt zu dem Schluss, dass die Betriebskosten der Separatoren einen überbetrieblichen Einsatz erforderlich machen, da die notwendige Auslastung andernfalls schwerlich erreicht werden könne. RAWERT (1995) gelangte dagegen sogar zu der Auffassung, dass unter den damaligen Rahmenbedingungen Gülleaufbereitungsverfahren aufgrund der fehlenden Wirtschaftlichkeit keine Lösung zum Abbau von Nährstoffüberschüssen darstellten. MEIER (1994) präziserte noch weiter und meinte, dass das Verfahren aufgrund der fehlenden Absatzmärkte für die Separationsprodukte nicht wirtschaftlich sei. Dies hat sich jedoch in den letzten Jahren mit dem Ausbau der Biogaserzeugung verändert, so dass sich aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen eine erneute Beschäftigung mit der Wirtschaftlichkeit der Gülleseparation geboten erscheint.

Die auf das Jahr 2000 zurückgehende Einführung des Gesetzes für den Vorrang der Erneuerbaren Energien (Erneuerbare Energien Gesetz; EEG) hat dazu geführt, dass die Energieerzeugung aus regenerativen Energieträgern an Bedeutung gewonnen hat. Im Bereich der Landwirtschaft hat sich dies in den letzten zwei Jahrzehnten insbesondere in Form des Ausbaus der Biogaserzeugung bemerkbar gemacht (WBA, 2011), der unter dem Einfluss der durch das EEG garantierten Einspeisevergütungen eine unerwartet dynamische Entwicklung genommen hat. Viele Landwirte haben sich für die Biogaserzeugung als eine neue Einkommensquelle entschieden (SCHÜSSELER, 2008; VOSS et al., 2009). Während 2004 erst rund 2.050 Biogasanlagen am Netz waren, hat sich der Bestand bis heute auf rund 8.000 Anlagen erhöht (FvB, 2013; 2014). Insbesondere mit der Einführung eines Bonus für den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo-Bonus) im EEG 2004 erhöhte sich der Anlagenbestand geradezu explosionsartig.



Jüngste Novellierungsschritte des EEG 2012 und 2014 haben zwar dazu geführt, dass der Zubau an Biogasanlagen fast zum Erliegen gekommen ist. Da jedoch fast alle älteren Anlagen noch in Betrieb sind, ist die Biogaserzeugung weiterhin ein bedeutsamer Baustein der in Deutschland propagierten Energiewende.

Im Zuge des Ausbaus der Biogaserzeugung ist auch der Bedarf an Gärsubstraten angestiegen. Neben der Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen sowie – allerdings nur begrenzt zur Verfügung stehenden – organischen Abfällen und Reststoffen, etwa aus der Lebensmittelindustrie, hat sich der Einsatz von Wirtschaftsdüngern als praxistauglich erwiesen. In Deutschland setzte sich im Jahr 2013 der Substrateinsatz, bezogen auf die Masse, zu 44 % aus tierischen Exkrementen, zu 48 % aus nachwachsenden Rohstoffen (davon 73 % Maissilage), zu 6 % aus industriellen und landwirtschaftlichen Reststoffen und zu 2 % aus Bioabfall zusammen (FNR, 2014a; 2014b). Zwischenzeitliche Hochpreisphasen auf den internationalen Agrarmärkten, gestiegene Energiepreise und die wachsende Nachfrage nach Gärsubstraten haben dazu geführt, dass die Preise für Gärsubstrate, insbesondere Mais, zwischenzeitlich deutlich angestiegen sind (GRONAUER et al., 2009). Da sich viele Biogasanlagenbetreiber gezwungen sehen, Substrate hinzuzukaufen oder Anbaufläche hinzu zupachten (HEIßENHUBER und BERENZ, 2006; BAHRS et al., 2007; BERENZ et al., 2008), haben gestiegene Preise für Substrate und Pachtflächen (THEUVSEN et al., 2010; HABERMANN und BREUSTEDT, 2011) zur Folge, dass immer mehr Anlagenbetreiber vor der Herausforderung stehen, ihre Anlagen wirtschaftlich zu betreiben, da häufig in den Planungsphasen der Anlagen derart erhebliche Preissteigerungen für Substrate oder zusätzliche Pachtflächen nicht mit einkalkuliert wurden (KOWALEWSKY, 2009). Der verstärkte Einsatz von festen oder flüssigen Wirtschaftsdüngern einschließlich der festen Fraktion aus der Gülleseparation könnte einen Ausweg aus dieser Situation weisen.

Doch nicht nur wirtschaftliche Aspekte stellen die Anlagenbetreiber vor Herausforderungen. Der schnelle und starke Ausbau der Biogaserzeugung hat auch zu wachsender Kritik und sinkender Akzeptanz seitens der Bevölkerung geführt (HENKE, 2014). Zu den kontrovers diskutierten Sachverhalten zählen die Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit („Tank oder Teller“), die Biodiversität und das Landschaftsbild („Vermaisung der Landschaft“) sowie den Strompreis (ZSCHACHE et al., 2010; LINHART und DHUNGEL, 2013). Seitens der Politik wurde auf diese Entwicklungen reagiert, indem die Förderpolitik bezogen auf den Substrateinsatz (Novellierung EEG 2012 und 2014) angepasst wurde. So wurde im Zuge der Novellierung des EEG 2009 der „Güllebonus“ eingeführt.



Die EEG-Novellierung 2012 wiederum sah für Neuanlagen einen „Maisdeckel“ vor, d.h. eine Begrenzung des Mais- und Getreidekorneinsatzes als Gärsubstrat auf maximal 60 Massenprozent (§ 27 Abs. 5 Nr. 1, EEG 2012). Eine zusätzlich im EEG 2012 durchgesetzte Veränderung der Vergütungsstruktur für die unterschiedlichen Gärsubstrate führte dazu, dass neben neuen Gärsubstraten wie der Durchwachsene Silphie oder dem Szarvasigras auch wieder vermehrt Wirtschaftsdünger in den Fokus rückten, da deren Einsatz in Kleinanlagen mit nicht mehr als 75 kW elektrischer Leistung besonders gefördert wurde (THIERING, 2011).

Seit der Einführung des Güllebonus im EEG 2009 ist das Interesse an der Gülleseparation wieder gestiegen, hatten doch erste Studien gezeigt, dass sich die Vergärung von Güllefeststoffen als praktikabel erwies (KOWALEWSKY, 2009). Somit können die Güllefeststoffe neben dem reinen Düngewert einen Mehrwert aus ihrem Energiepotential erzielen. Der mit dem Güllebonus gesetzte finanzielle Anreiz und das vorherrschende Problem der regionalen Nährstoffüberschüsse führten dazu, dass die Gülleseparation auf viehhaltenden Betrieben und die anschließende Vergärung der Güllefeststoffe in Biogasanlagen in Nährstoffbedarfsregionen als ein zukunftsfähiges Modell das Interesse der Forschung fand. In Studien von BRAUCKMANN et al. (2011, 2014) wurde daher die Separation von Schweine- und Rindergülle genauer untersucht. Neben den Nährstoffgehalten der Güllefeststoffe stand vor allem deren Methanertrag im Fokus. Laboranalysen haben gezeigt, dass die Feststoffe aus der Schweinegülle einen rund siebenfach höheren Methanertrag haben als die Rohgülle. So können rund 2,5 t Schweinegüllefeststoffe und etwa 3,7 t Rindergüllefeststoffe eine Tonne Mais ersetzen (BRAUCKMANN et al., 2011, 2014). Auch unter rechtlichen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten kamen Studien zu einer positiven Einschätzung der Vergärung von Feststoffen aus der Gülleseparation in Biogasanlagen in Ackerbauregionen (GUENTHER-LÜBBERS et al., 2014; GUENTHER-LÜBBERS, 2015). Doch trotz der sich zuspitzenden Nährstoffsituation in Regionen mit hoher Vieh- und Biogasanlagendichte und der ökonomischen und gesellschaftlichen Herausforderungen der Biogaserzeugung sowie der positiven Ergebnisse der vorliegenden wissenschaftlichen Studien hat das Verfahren der Güllefeststoffvergärung bisher nur eine geringe Praxisrelevanz erreicht. Mögliche Gründe dafür können zum einen die als zu hoch erachteten Verfahrenskosten der Gülleseparation (MEIER, 1994; KOWALEWSKY, 2009) und damit der zu hohe Preis für die Güllefeststoffe sein. Ein weiterer Aspekt sind möglicherweise Unsicherheiten auf Seiten der Biogasanlagenbetreiber über die Eigenschaften der Güllefeststoffe als Gärsubstrat oder auch über die weitere Entwicklung der politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen. So wird im



Rahmen der derzeitigen Diskussion um die Novellierung der Düngeverordnung diskutiert, dass nicht mehr nur Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft auf die 170 kg-Stickstoffobergrenze angerechnet werden, sondern auch der pflanzliche Anteil. Dies würde auf die Gärreste der Biogasanlagen zutreffen und für Biogasanlagen in Regionen mit einem bereits erhöhten Nährstoffanfall bedeuten, dass sie Nutzungskonzepte für die anfallenden Produkte aufstellen müssten.

Vor dem Hintergrund der Entwicklungen in der Landwirtschaft – insbesondere in der Biogaserzeugung und in der Viehhaltung – und unter Berücksichtigung des aktuellen Forschungsstandes zur Gülleseparation und zum Einsatz von Güllefeststoffen in der Biogaserzeugung lassen sich für die vorliegende Arbeit drei Forschungsbereiche identifizieren:

- Die Beiträge des **ersten Forschungsbereiches (Teil I)** befassen sich mit den Verfahrenskosten der Gülleseparation. Aufgrund der Tatsache, dass die ökonomischen Analysen zur Gülleseparation ganz überwiegend nicht aus jüngerer Zeit stammen, erscheint es sinnvoll, die Analyse der Separationskosten unter Verwendung neuerer Daten durchzuführen.
- Im **zweiten Forschungsbereich (Teil II)** steht die Akzeptanz von Güllefeststoffen als Gärsubstrat durch Biogasanlagenbetreiber im Mittelpunkt. Dabei gilt es, mögliche Gründe für die derzeit fehlende Akzeptanz der Güllefeststoffe und mögliche Adoptorengruppen unter den Biogasanlagenbetreibern zu identifizieren.
- Der **dritte Forschungsbereich (Teil III)** betrachtet Vermarktungskonzepte für Gärreste aus der Biogasproduktion. Die Relevanz dieses Themenkomplexes ergibt sich aus der aktuellen Diskussion um die Novellierung der Düngeverordnung und den damit einhergehenden möglichen Veränderungen für Biogasanlagenbetreiber.

### **Teil I: Ökonomische Betrachtung der Separation von Rindergülle**

Der erste Teil der vorliegenden Arbeit besteht aus zwei Beiträgen zu den Separationskosten von Rindergülle. Auf Basis von Ergebnissen aus eigens durchgeführten Separationsversuchen werden in beiden Beiträgen die Verfahrenskosten berechnet. In dem ersten Beitrag (I.1) „**Kostenvergleich von Pressschneckenseparatoren bei der Separation von Rindergülle**“ steht neben der Verfahrenskostenanalyse der Vergleich der Ergebnisse mit Resultaten aus bereits bekannten Studien im Mittelpunkt. Der zweite Beitrag (I.2) „**Separation of cattle slurry: Technical solutions and economic as-**



pects“ befasst sich neben den Verfahrenskosten mit den Effekten der Gülleseparation auf die Transportwürdigkeit der Wirtschaftsdünger. Hier erfolgt ein Vergleich von Rohgülle und Güllefeststoffen unter Berücksichtigung des Nährstoff- und Energiewertes der Fraktionen.

## **Teil II: Güllefeststoffe als Gärsubstrat in Biogasanlagen**

Der zweite Teil der Arbeit umfasst insgesamt sechs Beiträge. Die ersten vier Beiträge beschäftigen sich mit der Akzeptanz der Güllefeststoffvergärung durch Biogasanlagenbetreiber, die letzten beiden Beiträge mit den Potenzialen der Güllefeststoffvergärung. Des Weiteren wird im letzten Beitrag die Ökonomie der Güllefeststoffvergärung analysiert. Den vier akzeptanzanalytischen Beiträgen liegen die Ergebnisse einer standardisierten Online-Umfrage unter Biogasanlagenbetreibern in Deutschland zu Grunde. Im ersten Beitrag (II.1) „**Güllefeststoffe als Gärsubstrat für Biogasanlagen – Ergebnisse einer empirischen Erhebung unter Biogasanlagenbetreibern**“ werden erste deskriptive Ergebnisse der Datenerhebung in Bezug auf die Einstellungen der Biogasanlagenbetreiber gegenüber der Güllefeststoffvergärung und den Kenntnisstand der Anlagenbetreiber über diese Möglichkeit dargestellt. Der anschließende zweite Beitrag (II.2) „**Identifikation von Einflussfaktoren auf die Nutzung von Güllefeststoffen als Gärsubstrat in Biogasanlagen**“ liefert weitere Ergebnisse in Bezug auf Einflussfaktoren, die über die Nutzung oder Ablehnung von Güllefeststoffen als Gärsubstrat entscheiden. Aufbauend auf dem Technology Acceptance Model 2 von VENKATESH und DAVIS (2000) wird ein eigenes Erklärungsmodell entwickelt, das mit den Daten aus der Online-Umfrage mittels einer Partial-Least-Square-Analyse (PLS-Analyse) getestet wird. Im dritten Beitrag (II.3) „**Nutzungsabsicht von Güllefeststoffen als Gärsubstrat**“ werden anhand der Daten aus der Online-Umfrage mittels einer Clusteranalyse unterschiedliche Gruppen unter den Biogasanlagenbetreibern identifiziert, die sich hinsichtlich ihrer Absicht zur Nutzung von Güllefeststoffen unterscheiden. Der vierte Beitrag (II.4) „**Güllefeststoffe als Gärsubstrat: Wird die Kluft im Diffusionsprozess übersprungen?**“ ist eine Weiterentwicklung des dritten Beitrages. Aufbauend auf der Diffusionsstrategie von ROGERS (1995) werden ebenfalls mittels einer Clusteranalyse unterschiedliche Adoptorengruppen, die zur Annahme einer Innovation von Bedeutung sind, identifiziert, um sich daraus ergebende Maßnahmen für eine weitere Verbreitung der Güllefeststoffe als Gärsubstrat abzuleiten.

Die anschließenden Beiträge (II.5) „**Akzeptanz und Potentiale der Feststoffvergärung**“ und (II.6) „**Güllefeststoffvergärung in Biogasanlagen: Ein Beitrag zur Ver-**



**minderung regionaler Nährstoffüberschüsse?“** befassen sich auf Grundlage statistischer Daten aus dem Nährstoffbericht für Niedersachsen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK NIEDERSACHSEN, 2014) mit den Potenzialen der Güllefeststoffvergärung in Bezug auf die Reduzierung der Nährstoffüberschussproblematik. Ferner werden im letzten Beitrag II.6 mittels einer Szenarioanalyse ökonomische Aspekte der Güllefeststoffvergärung betrachtet.

### **Teil III: Vermarktung von Gärresten**

Mit dem Beitrag (III.1) „**Gärreste als Gartendünger vermarkten?**“ wird exemplarisch eine mögliche Vermarktungsvariante für getrocknete Gärreste aufgezeigt. Dabei werden die Rahmenbedingungen zur Vermarktung von Gärresten als Gartendünger und die Wirtschaftlichkeit des Vermarktungskonzeptes detaillierter betrachtet.



## Literatur

- ALBERS, D. (2010): Möglichkeiten und Nutzen der Gülleseparation in Milchviehbetrieben. URL: <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/tier/nav/1092/article/14252.html> (Abrufdatum: 14.08.2012).
- ARLE, J., K. BLONDZIK, U. CLAUSSEN, A. DUFFEK, S. GRIMM, F. HILLIGES, A. HOFFMANN, W. LEUJAK, V. MOHAUPT, S. NAUMANN, U. PIRNTKE, S. RICHTER, P. SCHILLING, C. SCHROETER-KERMANI, A. ULLRICH, J. WELLMITZ, S. WERNER und R. WOLTER (2013): Wasserwirtschaft in Deutschland. Teil 2 – Gewässergüte. Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.). Dessau-Roßlau.
- BAHRS, E., J.-H. HELD und J. THIERING (2007): Auswirkung der Bioenergieproduktion auf die Agrarpolitik sowie auf Anreizstrukturen in der Landwirtschaft – Eine partielle Analyse bedeutender Fragestellungen anhand der Beispielregion Niedersachsen. Diskussionsbeitrag Nr. 0705. Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung der Georg-August-Universität Göttingen.
- BARUNKE, A. (2002): Die Stickstoffproblematik in der Landwirtschaft: Erfahrungen mit Stickstoffminderungspolitikern. Kiel.
- BATTERMANN, H. W. und L. THEUVSEN (2010): Wassermanagement für die Feldberegnung unter dem Einfluss der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Einzelbetriebliche Auswirkungen alternativer umweltpolitischer Instrumente. In: Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht 33 (2): 139-164.
- BÄURLE, H. und C. TAMÁSY (2012): Regionale Konzentrationen der Nutztierhaltung in Deutschland. ISPA Mitteilungsheft 79. Vechta.
- BERENZ, S., H. HOFFMANN und H. PAHL (2008): Konkurrenzbeziehungen zwischen der Biogasproduktion und der tierischen Produktion. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. 43: 497-506.
- BMU und BMELV (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2012): Nitratbericht 2012. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.). Bonn.
- BRAUCKMANN, H.-J., A. HOTHAN und G. BROLL (2011): Biogaspotential der festen Güllefraction. Vortrag im Rahmen des Workshops „Gülleseparation“ am 17.02.2011. Vechta.
- BRAUCKMANN, H.-J., J. HERING und G. BROLL (2014): Nährstoffgehalte und Biogaserträge separierter Gülle. In: GUENTHER-LÜBBERS, W., R. KRÖGER und L. THEUVSEN (Hrsg.): Nährstoffmanagement von Wirtschaftsdüngern und Gärresten – Ökonomie, Ökologie, Technik und Logistik. Göttingen: 43-56.
- EEG (Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien/Erneuerbare-Energien-Gesetz-EEG): Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 20. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2730) geändert worden ist.



- EMMANN, C. H., C. H. PLUMEYER und L. THEUVSEN (2012): Projektendbericht: Einfluss der Biogasproduktion auf den Landpachtmarkt in Niedersachsen. URL: [http://www.ml.niedersachsen.de/portal/live.php?article\\_id=59604&navigation\\_id=1372&psmand=7](http://www.ml.niedersachsen.de/portal/live.php?article_id=59604&navigation_id=1372&psmand=7) (Abrufdatum: 02.05.2014).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2012): Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Ein Blueprint für den Schutz der europäischen Wasserressourcen. URL: <http://www.kowi.de/Portaldata/2/Resources/fp7/coop/2013-Com-Blueprint-Schutz-europaeischer-Wasserressourcen-de.pdf> (Abrufdatum: 17.03.2015).
- FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V.) (2014a): Massebezogener Substrateinsatz in Biogasanlagen 2013. Informationsgrafik. URL: <http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie/biogas/massebezogener-substrateinsatz-in-biogasanlagen.html> (Abrufdatum: 19.08.2014).
- FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V.) (2014b): Massebezogener Substrateinsatz nachwachsender Rohstoffe in Biogasanlagen 2013. Informationsgrafik. URL: <http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie/biogas/massebezogener-substrateinsatz-nachwachsender-rohstoffe-in-biogasanlagen.html> (Abrufdatum: 19.08.2014).
- FVB (FACHVERBAND BIOGAS E.V.) (2013): Branchenzahlen – Prognose 2013/2014. URL: [http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE\\_Branchenzahlen/\\$file/13-11-11\\_Biogas%20Branchenzahlen\\_2013-2014.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/13-11-11_Biogas%20Branchenzahlen_2013-2014.pdf) (Abrufdatum: 26.03.2014).
- FVB (FACHVERBAND BIOGAS E.V.) (2014): Branchenzahlenprognose für die Jahre 2014 und 2015. URL: [http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE\\_Branchenzahlen/\\$file/14-11-25\\_Biogas%20Branchenzahlen\\_Prognose\\_2014-2015.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/14-11-25_Biogas%20Branchenzahlen_Prognose_2014-2015.pdf) (Abrufdatum: 24.06.2015).
- GRONAUER, A., M. EFFENBERGER, R. KISSEL und H. BACKMAIER (2009): Tierhaltung und Biogas – Herausforderung und Chance für die Landwirtschaft. In: BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.): Neue Perspektiven für Biogas. Schriftenreihe 2. Freising: 59-80.
- GUENTHER-LÜBBERS, W. (2015): Analyse ökonomischer Effekte der Bioenergieproduktion. Göttingen.
- GUENTHER-LÜBBERS, W., A. DIEKMANN und L. THEUVSEN (2014): Rechtliche und ökonomische Aspekte des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen – Eine Szenarioanalyse. In: GUENTHER-LÜBBERS, W., R. KRÖGER und L. THEUVSEN (Hrsg.): Nährstoffmanagement von Wirtschaftsdüngern und Gärreste – Ökonomie, Ökologie, Technik und Logistik. Göttingen: 81-104.
- HABERMANN, H. und G. BREUSTEDT (2011): Einfluss der Biogaserzeugung auf landwirtschaftliche Pachtpreise in Deutschland. In: German Journal of Agricultural Economics 60 (2): 85-100.
- HEIßENHUBER, A. und S. BERENZ (2006): Energieproduktion in landwirtschaftlichen Unternehmen 2006. In: DARNHOFER, I., H. K. WYTRZENS und C. WALLA (Hrsg.): Alternative Strategien für die Landwirtschaft. Wien: 135-144.
- HENKE, S. (2014): Social Life Cycle Assessment: Multikriterielle Bewertung erneuerbarer Energien. Göttingen.

- IGLU (INGENIEURSGEMEINSCHAFT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT) (2011): Handlungsvorschläge zur Novellierung des EEG 2012 aus Sicht des Grundwasserschutzes. Langfassung. URL: [http://www.intwa.de/uploads/media/11\\_05\\_25\\_Positionspapier\\_EEG\\_Endfassung\\_mit\\_Anlage\\_01.pdf](http://www.intwa.de/uploads/media/11_05_25_Positionspapier_EEG_Endfassung_mit_Anlage_01.pdf) (Abrufdatum: 17.03.2015).
- KIRSCHKE, D., M. ODENING, A. HÄGER und O. MUßHOFF (2007): Strukturwandel im Agrarsektor. In: Humboldt-Spektrum 1/2007: 24-31. URL: <http://edoc.hu-berlin.de/oa/articles/reFPt9J1twcTk/PDF/26EnVnf0clfw.pdf> (Abrufdatum: 20.06.2015).
- KOWALEWSKY, H. H. (2009): Güllefeststoffe in Biogasanlagen einsetzen – Überprüfung der Separierung und Vergärung. Unveröffentlichter Bericht.
- LWK NIEDERSACHSEN (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN) (2014): Nährstoffbericht in Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2013/14. Oldenburg.
- LASSEN, B., F. ISERMEYER und C. FRIEDRICH (2008): Milchproduktion im Übergang – eine Analyse von regionalen Potenzialen und Gestaltungsspielräumen. Arbeitsbericht aus der vTI – Agrarökonomie. Braunschweig.
- LINHART, E. und A.-K. DHUNGEL (2013): Das Thema Vermaisung im öffentlichen Diskurs. In: Berichte über Landwirtschaft 91 (2).
- MEIER, U. (1994): Gülleseparierung – Eine Technik zur Verbesserung der Gülleeigenschaften. FAT-Berichte, Nr. 445, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (Hrsg.). Tänikon/Schweiz.
- MØLLER, H. B., I. LUND und S. G. SOMMER (2000): Solid-liquid separation of livestock slurry: efficiency and cost. In: Bioresource Technology 74: 223-229.
- RAWERT, K. (1995): Gülleaufbereitungsverfahren – Wirtschaftlichkeit und Auswirkungen auf die regionale Konzentration der Veredlungsproduktion. Frankfurt am Main.
- ROGERS, E. M. (1995): Diffusion of Innovations. 4. Auflage. New York.
- SCHÜSSELER, P. (2008): Zielsetzung des Fachgesprächs „Messen, Steuern, Regeln bei der Biogaserzeugung“. In: FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (Hrsg.): Gülzower Fachgespräche 27 – Messen, Steuern, Regeln bei der Biogaserzeugung. Gülzow: 8-16.
- THEUVSEN, L., C.-H. PLUMEYER und C. H. EMMANN (2010): Einfluss der Biogasproduktion auf den Landpachtmarkt in Niedersachsen. Bericht für das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung. Hannover.
- THIERING, J. (2011): Förderung der Biogasproduktion in Deutschland – Rahmenbedingungen, Folgen und alternative Gestaltungsmöglichkeiten unter besonderer Berücksichtigung der Wirtschaftsdüngernutzung. Göttingen.
- VENKATESH, V. und F. D. DAVIS (2000): A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. In: Management Science 2000 INFORMS 46 (2): 186-204.
- VOSS, J., C. SCHAPER, A. SPILLER und L. THEUVSEN (2009): Innovationsverhalten in der deutschen Landwirtschaft – Empirische Ergebnisse am Beispiel der Biogaserzeugung.



- gung. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. 44: 379-391.
- WARNECKE, S., M. BIBERACHER, H.-J. BRAUCKMANN und G. BROLL (2011): Nachhaltige Verwertung von Nebenprodukten aus der Erzeugung tierischer Nahrungsmittel durch Initiierung eines regionalen Stoffstrommanagements. In: WINDHORST, H.-W. und A. VEAUTHIER (Hrsg.): Nachhaltige Tierproduktion in agrarischen Intensivgebieten. Vechta: 107-126.
- WBA (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2011): Förderung der Biogaserzeugung durch das EEG – Stellungnahme zur geplanten Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes. In: Berichte über Landwirtschaft 89 (2): 204-217.
- WEILAND, P. (2002): Möglichkeiten der Nährstoffabtrennung aus Flüssigmist – Technik und Wirtschaftlichkeit. In: KTBL (Hrsg.): Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm, Gülle und anderen Düngern unter Berücksichtigung des Umwelt- und Verbraucherschutzes. KTBL-Schrift 404. Darmstadt: 339-348.
- WRRL – WASSERRAHMENRICHTLINIE (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.
- WÜSTHOLZ, R. F. (2014): Ökologische Erfordernisse und ökonomische Auswirkungen ordnungsrechtlicher Veränderungen bezüglich des Nährstoffeinsatzes in der Landwirtschaft im Kontext der europäischen Nitrat- und Wasserrahmenrichtlinie. Dissertation Universität Hohenheim.
- ZSCHACHE, U., S. VON CRAMON-TAUBADEL und L. THEUVSEN (2010): Öffentliche Deutungen im Bioenergiediskurs: eine qualitative Medienanalyse. In: Berichte über Landwirtschaft 88: 502-512.



## **Teil I: Ökonomische Betrachtung der Separation von Rindergülle**

### **I.1 Kostenvergleich von Pressschneckenseparatoren bei der Separation von Rindergülle**

RHENA KRÖGER und LUDWIG THEUVSEN

*Dieser Beitrag wurde so oder in ähnlicher Fassung veröffentlicht im Tagungsband „12<sup>th</sup> Conference: Construction, Engineering and Enviroment in Livestock Farmingung 2015“, S. 414-419.*



## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	15
Schlüsselwörter .....	15
Summary .....	15
Keywords.....	15
1 Einleitung .....	16
2 Material und Methoden.....	16
3 Ergebnisse .....	17
4 Diskussion und Fazit .....	19
Literatur .....	21