

Identifikation von Einflussfaktoren auf die Nutzung von Güllefeststoffen als Gärsubstrat in Biogasanlagen

Identification of Factors Influencing the Use of Slurry Solids as Fermentation Substrate in Biogas Plants

Rhena Kröger, Jan Robert Konerding und Ludwig Theuvsen
Georg-August-Universität Göttingen

Zusammenfassung

Biogasanlagenbetreiber stehen angesichts des zwischenzeitlichen Preishochs auf den Agrarmärkten und des mit dem EEG 2012 für neue Anlagen eingeführten „Maisdeckels“ zunehmend vor der Herausforderung, ihre Anlagen wirtschaftlich und im Einklang mit den rechtlichen Rahmenbedingungen zu betreiben. Vor diesem Hintergrund wurde die Suche nach alternativen Gärsubstraten zum Mais intensiviert. Diese Entwicklung sowie die zunehmende Problematik der Nährstoffüberschüsse in viehrefeichen Regionen haben dazu geführt, dass verstärkt Güllefeststoffe als Gärsubstrat in Betracht gezogen werden. Es ist bislang aber wenig bekannt, wie die Absicht von Biogasanlagenbetreibern zur Nutzung von Güllefeststoffen als Gärsubstrat tatsächlich ausgeprägt ist. Um diese Forschungslücke zu schließen, werden in der vorliegenden Studie auf der Grundlage einer Befragung von Anlagenbetreibern mögliche Einflussfaktoren auf die Nutzung von Güllefeststoffen als Gärsubstrat identifiziert. Der Akzeptanzanalyse liegt dabei ein Modell zugrunde, das sich an das Technology Acceptance Model 2 von VENKATESH und DAVIS (2000) anlehnt. Die Auswertung erfolgt mittels der Partial-Least-Squares-Methode (PLS). Die Ergebnisse zeigen, dass das Interesse an Güllefeststoffen seitens der Biogasanlagenbetreiber zwar grundsätzlich vorhanden ist, aber nur wenige Anlagenbetreiber bereit sind, diese auch wirklich einzusetzen. Die Nutzungsabsicht von Güllefeststoffen konnte durch das Modell zu 53 %, das Nutzungsverhalten zu 68 % erklärt werden. Wichtige signifikante Einflussfaktoren sind neben den Kosten vor allem die rechtlichen Rahmenbedingungen, die Risikoeinstellung der Anlagenbetreiber sowie ihre Aufgeschlossenheit gegenüber Innovationen.

Schlüsselwörter

Güllefeststoffe; Biogas; Akzeptanz; Technology Acceptance Model 2 (TAM 2); Partial Least Squares (PLS)

Abstract

Due to meanwhile high prices on agricultural markets and new legislation, more and more biogas plant operators are faced with the challenge of operating their plants economically and in line with the existing legal framework. Against this background, the search for alternative fermentation substrates has been intensified. Because of this development and the increasing problems of nutrient surpluses in regions characterized by high livestock densities, slurry solids have increasingly been taken into consideration as fermentation substrates. So far there has been very little knowledge about biogas plant operators' willingness to accept solids from slurry separation as fermentation substrates. To close this research gap, this study empirically identifies determinants of plant operators' willingness to use slurry solids. The research framework is a model inspired by the Technology Acceptance Model 2 by VENKATESH and DAVIS (2000). For data analysis, the partial least squares method (PLS) was used. The results show that the operators are generally interested in slurry solids but only a few are actually willing to use this substrate. 53 % of the intention to use manure solids and 68 % of the usage behavior could be explained by the model. Important decision criteria are the costs, the legal environment as well as the biogas plant operators' risk attitudes and openness for innovations.

Key Words

slurry solids; biogas; acceptance; Technology Acceptance Model 2 (TAM 2); Partial Least Squares (PLS)

1 Einleitung

Vor dem Hintergrund der Entwicklung der Energie- und Klimapolitik in Deutschland war die Biogaserzeugung in den vergangenen Jahren einer der boo-

menden Betriebszweige in der Landwirtschaft. Mit der Aussicht auf die Möglichkeit, eine neue Einkommensquelle für den eigenen Betrieb zu erschließen, haben viele Landwirte die Chance genutzt, in die Biogaserzeugung zu investieren (VOSS et al., 2009a). Der daraus resultierende starke Zubau an Biogasanlagen – insbesondere in den Jahren nach der Einführung des EEG 2009 – führte zu einer zunehmenden Nachfrage nach Gärsubstraten. Neben dem Einsatz von Wirtschaftsdüngern hat sich die Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen als praxistauglich erwiesen. In Deutschland setzte sich der Substrateinsatz 2013 – bezogen auf die Masse – zu 44 % aus tierischen Exkrementen, zu 48 % aus nachwachsenden Rohstoffen, zu 2 % aus Bioabfall sowie zu 6 % aus industriellen und landwirtschaftlichen Reststoffen zusammen (FNR, 2014a). Unter den nachwachsenden Rohstoffen sticht die Maissilage mit einem Anteil von 73 % deutlich heraus (FNR, 2014b).

Die Preise für Maissilage sind in den vergangenen Jahren angestiegen. Auslöser dafür waren u.a. das zwischenzeitliche Preishoch auf den internationalen Agrarmärkten, gestiegene Energiepreise, möglicherweise spekulative Einflüsse, aber auch die wachsende Nachfrage nach Gärsubstraten. Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass immer mehr Biogasanlagenbetreiber Schwierigkeiten haben, ihre Anlagen wirtschaftlich zu betreiben. Denn aufgrund des im Vergleich zu anderen landwirtschaftlichen Betriebszweigen hohen Flächenanspruchs sind viele Anlagenbetreiber gezwungen, Substrate zuzukaufen oder Anbauflächen zuzupachten (HEIßENHUBER und BERENZ, 2006; BAHRS et al., 2007; BERENZ et al., 2008). Die gestiegenen Preise für Substrate und Pachtflächen stellen die Biogaserzeugung daher – unabhängig von den zwischenzeitlich eingetretenen rechtlichen Entwicklungen im Zuge der jüngsten Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) – vor große wirtschaftliche Herausforderungen, da häufig in der Planungsphase der Anlagen der erhebliche Preisanstieg der Substrate nicht einkalkuliert wurde (KOWALEWSKY, 2009; EMMANN et al., 2012).

Infolge des Ausbaus der Biogaserzeugung ist auch die Anbaufläche für Biogasmais deutlich angestiegen (FNR, 2013). Folgen dieser Entwicklungen waren u.a. eine verstärkte Flächenkonkurrenz und der damit verbundene Pachtpreisanstieg für landwirtschaftliche Flächen (THEUVSEN et al., 2010; HABERMANN und BREUSTEDT, 2011), die den politischen Diskurs stark beeinflussende „Tank oder Teller“-Diskussion (ZSCHACHE et al., 2010) sowie der zu-

nehmende Monokulturanbau von Mais in Regionen mit hoher Biogasanlagendichte. Der durch das EEG 2012 für neue Anlagen eingeführte „Maisdeckel“, d.h. eine Begrenzung des Einsatzes von Mais und Getreidekorn als Gärsubstrat auf maximal 60 Massenprozent (§ 27 Abs. 5 Nr. 1 EEG 2012), war eine unmittelbare Konsequenz zunehmender öffentlicher Kritik an der Biogasproduktion.

Die Entwicklungen in der Biogaserzeugung, auf den Agrarmärkten, in der gesellschaftlichen Diskussion sowie in der Politik haben dazu geführt, dass sich die Suche nach Alternativen zum Energiemais als Gärsubstrat in den letzten Jahren intensiviert hat. Vor diesem Hintergrund sowie aufgrund der zunehmenden Nährstoffüberschüsse in den Veredlungsregionen und den Schwerpunktregionen der Milcherzeugung wird seit einiger Zeit über die Möglichkeit, Güllefeststoffe als Gärsubstrat einzusetzen, verstärkt diskutiert und geforscht. So haben BRAUCKMANN und BROLL (2013) Versuche zur Separierung von Rindergülle durchgeführt und die Separationsprodukte auf ihren Energieertrag untersucht. Zuvor bereits wurden Versuche zu den Energieerträgen von Feststoffen aus der Schweinegülleseparation durchgeführt (KOWALEWSKY, 2009, BRAUCKMANN et al., 2011; HOTHAN et al., 2013). Die Ergebnisse der Studien zeigen, dass bei Feststoffen aus der Rindergülleseparation mittels eines Pressschneckenseparators (30 l_N/kg FM) der Methanertrag doppelt so hoch ist wie in der Rohgülle (14 l_N/kg FM). Bei der Schweinegülle ist der Methanertrag der Feststoffe (38 l_N/kg FM) ca. achtmal höher als der der Rohgülle (5 l_N/kg FM) (BRAUCKMANN et al., 2014). Unter der Annahme, dass Maissilage eine Methanertrag von 112 l_N/kg FM hat, bedeutet dies, dass eine Tonne Maissilage durch 3,7 t Rinder- bzw. 2,9 t Schweinegüllefeststoffe substituiert werden kann. Für Biogasanlagen kann es daher sinnvoll sein, Teile des Maiseinsatzes durch Güllefeststoffe zu ersetzen. Sofern die Anlagen nach dem EEG 2009 vergütet werden und dann mind. 30 % Wirtschaftsdünger einsetzen, ist es möglich, den Güllebonus zu aktivieren. Anlagen wiederum, die unter dem EEG 2012 errichtet wurden, können auf diese Weise den „Maisdeckel“ einhalten. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass Güllefeststoffe nur einen gewissen Anteil des Maiseinsatzes substituieren können, da schnell Grenzen bezüglich der mittleren hydraulischen Verweilzeit oder auch der Raumbelastung erreicht werden.

Untersuchungen von GUENTHER-LÜBBERS et al. (2015) hatten die Kosten der Transporte verschiedener Wirtschaftsdünger (einschließlich Feststoffen aus der

Gülleseparation) von niedersächsischen Intensivgebieten der Nutztierhaltung in Ackerbauregionen, die ökologische Bewertung dieser Transporte, die rechtlichen Rahmenbedingungen des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen in Ackerbauregionen sowie die wirtschaftlichen Auswirkungen auf die Biogasanlagen zum Gegenstand. GUENTHER-LÜBBERS et al. (2015) machten deutlich, dass der Einsatz von Güllefeststoffen durchaus wirtschaftlich sein und dieses Verfahren einen Beitrag zum Abbau von Nährstoffüberschüssen in Veredlungsregionen leisten kann. Studien zur Akzeptanz von Güllefeststoffen durch Biogasanlagenbetreiber liegen dagegen bisher nicht vor. Da die Vergärung von Güllefeststoffen bislang nur eine geringe Praxisrelevanz besitzt, die Einstellungen der Anlagenbetreiber aber von zentraler Bedeutung für die unter ökologischen und gesellschaftlichen Gesichtspunkten sinnvolle Erweiterung des Substratspektrums sind, erscheint es sinnvoll, diese Forschungslücke zu schließen und die Bereitschaft der Anlagenbetreiber zum Einsatz von Güllefeststoffen näher zu analysieren.

Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel der vorliegenden Studie, ein theoretisches Modell zu entwickeln und empirisch zu überprüfen, das beschreibt, von welchen Faktoren die Bereitschaft, Feststoffe aus der Gülleseparation in Biogasanlagen einzusetzen, abhängig ist. Aufgrund der Komplexität und des explorativen Charakters der Studie dient als theoretische Grundlage das Technology Acceptance Model 2 (TAM 2) von VENKATESH und DAVIS (2000), das sich in ähnlichen Zusammenhängen bereits bewährt hat (z.B. HEYDER et al., 2012; EMMANN et al., 2013). Zur statistischen Überprüfung des entwickelten Modells wird die Partial-Least-Square-(PLS)-Methode angewendet. Mittels der PLS-Methode wird das Strukturgleichungsmodell geschätzt und die Stärke des Einflusses einzelner Faktoren auf die tatsächliche Nutzung der Güllefeststoffe als Gärsubstrat sowie die dem Verhalten zugrunde liegende Nutzungsabsicht ermittelt. Das Modell wird mittels eines Datensatzes von 105 Fragebögen aus einer deutschlandweiten, standardisierten Online-Umfrage unter Biogasanlagenbetreibern getestet. Die Anlagenbetreiber wurden unabhängig davon, welche Gärsubstrate sie gegenwärtig einsetzen, befragt. Im nachfolgenden Kapitel 2 werden zunächst anhand der Literatur mögliche Einflussfaktoren auf die Absicht zur Nutzung von Feststoffen aus der Gülleseparation als Gärsubstrat hergeleitet; anschließend wird das der empirischen Erhebung zugrunde liegende Modell vorgestellt. Im dritten Kapitel

wird das Studiendesign erläutert. Anschließend wird im Kapitel 4 auf die empirischen Ergebnisse eingegangen. Zum Abschluss folgen im fünften Kapitel die Diskussion der Ergebnisse und das Fazit.

2 Herleitung des konzeptionellen Rahmens

2.1 Theoretischer Hintergrund: Technology Acceptance Model

Die Erklärung der Akzeptanz von Produkten, Technologien oder Systemen ist Gegenstand der Akzeptanzforschung. Der Akzeptanz kommt insbesondere bei der Entwicklung und Gestaltung innovativer Produkte und Technologien, von deren Vorteilhaftigkeit beispielsweise Nachfrager oder Anwender zunächst noch überzeugt werden müssen, eine große Bedeutung zu. In der Wissenschaft sind verschiedene Methoden zur Präferenz- und Akzeptanzmessung bekannt (SCHNELL, 2009). Ein Ansatz ist die Präferenzmessung im Rahmen von *revealed-preference*-Ansätzen, die auf realen Entscheidungen basieren. Die Realitätsnähe ermöglicht es dabei, belastbare Ergebnisse zu erzielen, doch ist der Anwendungsbereich dieser Ansätze begrenzt. Eine Alternative dazu sind die *stated-preference*-Ansätze, etwa Discrete-Choice-Experimente. Bei ihnen steht der experimentelle Charakter im Vordergrund. Unter Probanden wird dabei z.B. erfragt, ob eine Kaufbereitschaft für ein bestimmtes Produkt besteht (LIEBE et al., 2012). Durch eine systematische Variation verschiedener Produktalternativen kann eine Bewertung einzelner Produktparameter erfolgen (HAHN, 1997). Eine weitere bekannte Methode zur Akzeptanzmessung ist das Technology Acceptance Model von DAVIS (1989), das weniger komplex ist als die anderen Modelle, aber zumindest im angloamerikanischen Raum das in derartigen Untersuchungen wohl am weitesten verbreitete Modell darstellt (SCHNELL, 2009). Es ermöglicht im Vergleich zu Discrete-Choice-Experimenten, neben den reinen Produktmerkmalen weitere Einflussfaktoren auf die Akzeptanz zu überprüfen.

Das Technology Acceptance Model (TAM) wurde entwickelt, um Aussagen darüber treffen zu können, warum eine Person eine Technologie nutzt oder nicht nutzt. Das Modell wurde ursprünglich zur Erklärung der Akzeptanz von Informationstechnologien verwendet (DAVIS, 1989; VENKATESH und DAVIS, 2000). In der Literatur sind mittlerweile jedoch auch Arbeiten zu finden, in denen – teilweise mit Bezug zur

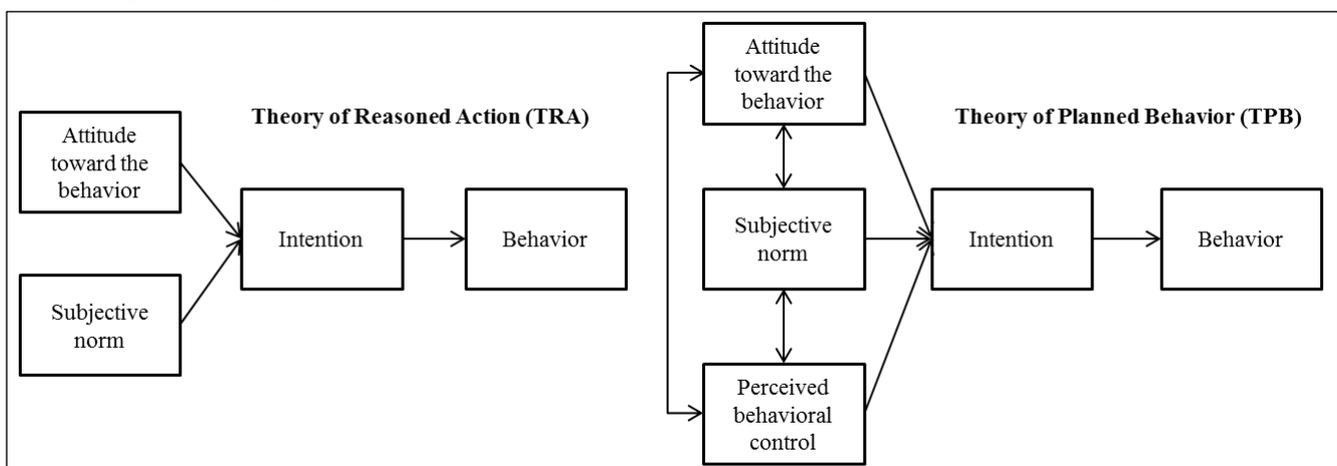
Agrar- und Ernährungswirtschaft – der Technologiebegriff weiter gefasst wird und andere Produkte und Systeme betrachtet werden. Ein Beispiel ist die Studie von VOSS et al. (2009b), in der mit Hilfe des TAM die Akzeptanz von gentechnisch verändertem Saatgut in Deutschland erklärt wird. In einer weiteren Studie analysieren HEYDER et al. (2012) mittels des – gegenüber dem ursprünglichen TAM weiterentwickelten – TAM 2 die Bereitschaft von Lebensmittelverarbeitern zu Investitionen in Rückverfolgbarkeitssysteme. EMANN et al. (2013) analysieren mit Hilfe des TAM 2 die Entscheidung von Landwirten zum Einstieg in die Biogasproduktion, während JAHN (2006) die Akzeptanz der seinerzeit noch innovativen Zertifizierungssysteme in der Lebensmittelwirtschaft untersucht hat. Zur Analyse der Akzeptanz von Güllefeststoffen als Gärsubstrat findet in der vorliegenden Studie ebenfalls das TAM 2 Anwendung, das jedoch entsprechend der Fragestellung erweitert und angepasst wurde.

Das TAM 2 basiert auf der Theorie des überlegten (bzw. vernünftigen) Handelns (Theory of Reasoned Action; TRA) von FISHBEIN und AJZEN (1975; AJZEN und FISHBEIN, 1980). Mittels der TRA werden Beziehungen zwischen der Einstellung und dem Verhalten einer Person dargestellt. Die Theorie basiert auf der Annahme, dass sich eine Einstellung erst nach umfassender Betrachtung aller zur Verfügung stehenden Informationen bildet. Weiterhin wird unterstellt, dass jeder gewollten Verhaltensweise eine Verhaltensintention vorausgeht, die der Grund für das Verhalten ist (AJZEN, 1988). Die Verhaltensintention von Individuen, die zu einem bestimmten Verhalten führt, ist wiederum auf die Faktoren Einstellung zum Verhalten (persönliche Natur) und subjektive Norm (soziale Einflüsse) zurückzuführen (vgl. Abbildung 1).

Die Einstellung zum Verhalten beschreibt die positive oder negative Bewertung der Durchführung des Verhaltens durch die betrachtete Person. Laut der TRA werden Ergebnisse eines Verhaltens zunächst von der Person bewertet, bevor die Verhaltensweise tatsächlich zu dem Ergebnis führt (verhaltensbezogene Überzeugungen). Die subjektive Norm beschreibt dagegen die Bereitschaft einer Person, einem bestimmten Verhalten (Erwartungen) entsprechen zu wollen. Diese Bereitschaft wird durch den sozialen Druck beeinflusst, welcher von außen auf die betrachtete Person einwirkt. Der soziale Druck ist dabei die Meinung anderer Individuen oder Gruppen, die für die handelnde Person wichtig sind. Dahinter steckt die Vorstellung, dass die normativen Erwartungen anderer und die Motivation, diese auch zu erfüllen, für die Person bedeutsam sind (CLABEN, 2013). In empirischen Untersuchungen konnte eine Korrelation zwischen der subjektiven Norm und der Einstellung zum geplanten Verhalten festgestellt werden (SHEERAN et al., 1999). Daraus lässt sich ableiten, dass Menschen bereits bei der Bildung von Einstellungen durch das soziale Umfeld beeinflusst werden (VOSS et al., 2009b).

Dass weitere Einflussfaktoren beim Verhalten eine Rolle spielen, hat zur Entwicklung der Theorie des geplanten Verhaltens geführt (Theory of Planned Behavior, TPB). Die TPB (AJZEN, 1988; 1991) setzt voraus, dass das menschliche Verhalten vernunftbasiert ist und Personen sich über die wahrscheinlichen Konsequenzen ihres Handelns im Klaren sind (WANG, 2006). In diesem Modell wird der Faktor wahrgenommene Verhaltenskontrolle den beiden aus der TRA übernommenen Faktoren hinzugefügt (CLABEN, 2013) (vgl. Abbildung 1). Sie umfasst die subjektive Überzeugung, das angestrebte Verhalten auch ausführen zu

Abbildung 1. Theory of Reasoned Action und Theory of Planned Behavior



Quelle: eigene Darstellung nach AJZEN und FISHBEIN (1980) und AJZEN (1991)

können (BAMBERG und SCHMIDT, 1999; AJZEN, 2002). Dadurch können Aussagen über komplexere Verhaltensweisen getroffen werden, da Personen nicht immer die vollständige Entscheidungsfreiheit über ihr Verhalten besitzen (TAYLOR und TODD, 1995). Diese Theorie legt nicht im Einzelnen dar, welche Einstellungen oder Annahmen das Verhalten steuern. Auch können spontane, impulsive, gewohnheitsmäßige oder sinnlose Handlungen nicht erklärt werden, da derartige Verhalten möglicherweise nicht freiwillig ist oder ihm keine bewusste Entscheidungsfindung zugrunde liegt (WANG, 2006).

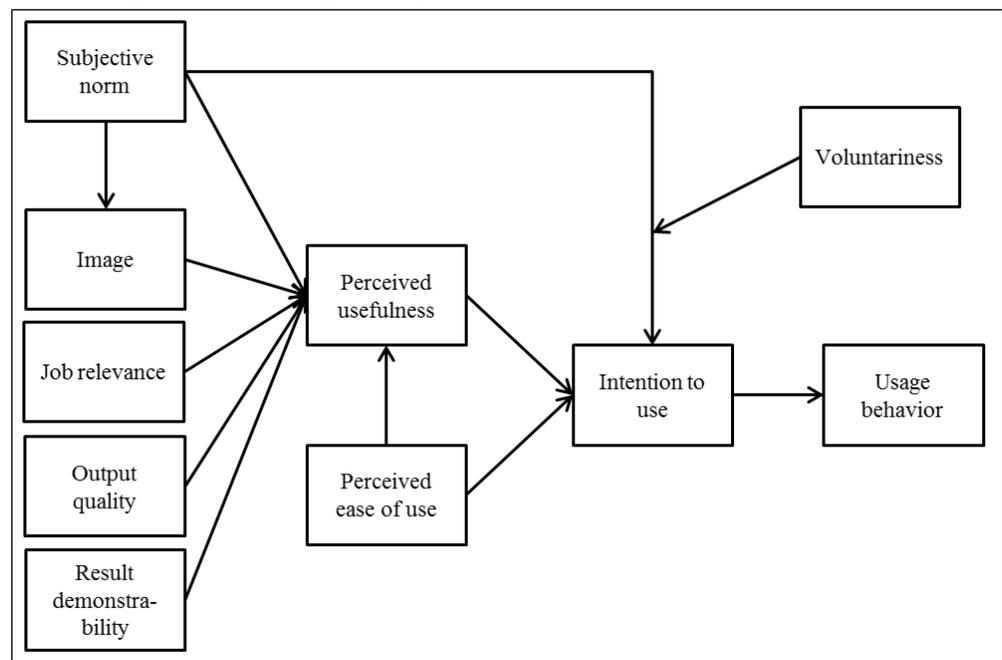
Die nächste Weiterentwicklung stellt das Technology Acceptance Model (TAM) von DAVIS (1986; 1989) dar. Aufbauend auf den Erkenntnissen der TRA und der TPB identifiziert DAVIS (1986; 1989) zwei kognitive Reaktionen als Determinanten der Einstellung zu einer IT-Innovation: wahrgenommener Nutzen und wahrgenommene Nutzerfreundlichkeit der Technologie. Der wahrgenommene Nutzen wird als der Grad, von dem eine Person glaubt, dass die Nutzung eines IT-Systems ihre Arbeit erleichtern wird, beschrieben. Er erklärt sich aus der subjektiv erfahrenen Unterstützungsleistung durch eine Technik (JAKOBS et al., 2008). Die wahrgenommene Nutzerfreundlichkeit bzw. der Bedienkomfort beschreibt demgegenüber, wie groß der Aufwand im Falle der Nutzung einer Technik empfunden wird (DAVIS, 1989; JAKOBS et al., 2008). Beide Konstrukte werden durch externe Stimuli (Einflussfaktoren) beeinflusst. Die genauere Beschreibung dieser externen Stimuli erfolgt im TAM 2 (vgl. Abbildung 2). Dabei unterscheiden VENKATESH und DAVIS (2000) zwischen sozialen Prozessvariablen (sozialen Einflüssen) und kognitiv-instrumentellen Variablen (Wahrnehmungsprozessen). Diese wirken sich auf den wahrgenommenen Nutzen aus und haben teilweise direkten Einfluss auf die Nutzungseinstellung (BÜRG und MANDL, 2004). Die sozialen Prozessvariablen werden in die subjektive Norm, die

Freiwilligkeit der Nutzung und das Image einer Technologie eingeteilt. Kognitiv-instrumentelle Prozessvariablen sind in diesem Modell die Qualität des Outputs, die Nachweisbarkeit der Ergebnisse und die Relevanz der Technik für das berufliche Aufgabenfeld (VENKATESH und DAVIS, 2000).

2.2 Modellentwicklung und Hypothesengenerierung

Die Entscheidung, welches Substrat in einer Biogasanlage eingesetzt wird, hängt – wenn man den Aussagen des TAM 2 folgt – von einer Vielzahl unterschiedlicher Einflussfaktoren ab. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass das Investitionsverhalten in eine Technik, in diesem Fall die Nutzung von Güllefeststoffen als Gärsubstrat, durch die Verhaltensintention und damit die Nutzungsabsicht eines Entscheiders beeinflusst wird (AJZEN, 1991; HEYDER et al., 2012). Die Nutzungsabsicht wiederum resultiert aus dem externen Druck sowie der Wahrnehmung des Nutzens und der Kosten des Einsatzes von Güllefeststoffen als Gärsubstrat. Diese Aspekte sind somit im Folgenden näher zu betrachten, wenn die Bereitschaft zur Nutzung eines neuen Gärsubstrats analysiert werden soll. Der wahrgenommene Nutzen wurde in dieser Studie gemessen, indem die befragten Anlagenbetreiber auf einer 5-stufigen Likert-Skala angeben sollten, ob die Feststoffvergärung für sie mit einem zusätzlichen Nutzen einhergehe. Dieser zusätzliche Nutzen kann z.B. durch die Reduktion der Anbaufläche für Mais

Abbildung 2. Technology Acceptance Model 2



Quelle: eigene Darstellung nach VENKATESH und DAVIS (2000)

und die damit verbundene Möglichkeit des Anbaus anderer Früchte oder die Verminderung der Flächenkosten begründet sein (vgl. hierzu sowie zur Messung weiterer Konstrukte Tabelle 5 im Anhang sowie zu dem im Folgenden entwickelten Modell Abbildung 3 im Text).

Kritik aus der Bevölkerung (subjektive Norm): Schon in der TRA wird beschrieben, dass die Bereitschaft einer Person, ein bestimmtes Verhalten zu zeigen, durch die an sie gerichteten Erwartungen Dritter beeinflusst wird. Die Meinungen anderer Individuen oder Gruppen sind somit für die Entscheidungsfindung von Bedeutung (AJZEN und FISHBEIN, 1980; AJZEN, 1991). Nach MILLER (2005: 126) beschreibt die subjektive Norm „the influence of people in one’s social environment on ... behavioral intentions“. Daher wird angenommen, dass auch die Erwartungen Dritter an die Biogasanlagenbetreiber bei deren Entscheidungen über den Einsatz von Gärsubstraten bedeutsam sind. Denn aufgrund der „Tank-Teller-Problematik“ sowie des in einigen Regionen zu beobachtenden Monokulturanbaus von Energiemais (ZSCHACHE et al., 2010; SCHÖNE, 2011) wird die Biogaserzeugung in der Gesellschaft zunehmend kritisch betrachtet und Forderungen nach Substratalternativen werden laut. Daraus ergeben sich die folgenden Hypothesen:

- Zunehmende Kritik aus der Bevölkerung führt zu einer Verschlechterung des Images der Biogasproduktion (H1a).
- Je größer der Druck von Seiten der Bevölkerung, alternative Gärsubstrate einzusetzen, wahrgenommen wird, desto größer ist der wahrgenommene Nutzen der Feststoffvergärung (H1b) und desto stärker ausgeprägt ist die Absicht zur Nutzung von Güllefeststoffen als Gärsubstrat (H1c).

Image: Positive Imageeffekte entstehen, wenn die Darstellung eines Unternehmens oder einer Person bzw. ihr Status im jeweiligen sozialen Bezugssystem durch die Nutzung einer bestimmten Technologie positiv beeinflusst wird (MOORE und BENBASAT, 1991). Entsprechende Effekte beeinflussen häufig auch die Entscheidung zur Nutzung einer neuen Technologie oder eines neuen Produkts. Der starke Zubau an Biogasanlagen in den vergangenen Jahren und die damit einhergehenden Probleme haben zu einer stetigen Verschlechterung des Images der Biogaserzeugung geführt (ZSCHACHE et al., 2010). Mit der Nutzung von Güllefeststoffen als Gärsubstrat könnte das Image der Biogaserzeugung aufgebessert werden, da von der Öffentlichkeit der Einsatz von

Abfällen und Wirtschaftsdüngern dem Anbau von Energiepflanzen vorgezogen wird (O.V., 2012).

- Je größer die Imageprobleme der Biogasproduktion wahrgenommen werden, desto größer ist der wahrgenommene Nutzen der Feststoffvergärung (H2).

Wissen über Ergebnisse: Das TAM 2 geht davon aus, dass die Wahrnehmung des Nutzens einer technologischen Innovation positiv durch die Qualität der Ergebnisse des Technikeinsatzes beeinflusst wird. Dieser Effekt kann aber nur eintreten, wenn dem (potenziellen) Nutzer einer Technologie die – wie es in der Terminologie des TAM 2 heißt – Outputqualität (VENKATESH und DAVIS, 2000) auch bekannt ist. Generell ist daher davon auszugehen, dass die durch eine positive Nutzenwahrnehmung ausgelöste Absicht zum Einsatz von Güllefeststoffen als Gärsubstrat nur dann entstehen kann, wenn das Wissen über die Kosten und den Nutzen des Verfahrens, etwa die Eigenschaften der Feststoffe oder die Praxistauglichkeit des Verfahrens, bei den Anlagenbetreibern auch vorhanden ist.

- Das Wissen über die Kosten und den Nutzen des Einsatzes von Güllefeststoffen hat einen direkten positiven Einfluss auf den wahrgenommenen Nutzen (H3).

Sichtbare Effekte: Für die Akzeptanz einer Innovation ist es von Bedeutung, ob die mit der Technologienutzung verbundenen Verbesserungen nur intern sichtbar werden (z.B. innerbetriebliche Prozessoptimierungen) oder auch für externe Beobachter erkennbar sind (AGARWAL und PRASAD, 1997; HEYDER et al., 2012). MOORE und BENBASAT (1991: 203) sprechen in diesem Zusammenhang auch von der „tangibility of the results of using the innovation“. Der Einsatz von Feststoffen aus der Gülleseparation kann mit verschiedenen positiven, für die kritische Öffentlichkeit sichtbaren oder zumindest an sie kommunizierbaren Effekten in Verbindung gebracht werden, so etwa der Einsparung anderer Substrate wie beispielsweise Mais, der Verringerung des Flächenbedarfs für den Maisanbau, dem Schließen von Nährstoffkreisläufen, der Reduzierung des regionalen Nährstoffüberschusses oder der Einsparung von Mineraldüngern (KOWALEWSKY, 2009; ALBERS, 2010;).

- Die sich aus der Feststoffvergärung ergebenden sichtbaren positiven Effekte haben einen direkten positiven Einfluss auf den wahrgenommenen Nutzen des Einsatzes von Güllefeststoffen (H4).

Erfahrung: Die Adoption einer Innovation ist ein Prozess der Informationsweitergabe und der damit

verbundenen Wahrnehmung dieser Innovation (FRAMBACH und SCHILLEWAERT, 2002). Der Austausch von Praxiserfahrungen ist in diesem Zusammenhang von großer Bedeutung. Insbesondere skeptische Landwirte können durch gute Erfahrungen anderer Landwirte von der Nutzung eines neuen Substrats überzeugt werden (HIEBERT, 1974), da die Kenntnis der Erfahrungen anderer ihnen ein „Stellvertreter-Lernen“ oder Lernen durch Beobachtung (BANDURA, 2004) und damit die Abkürzung der Lernkurve ermöglicht. In Übereinstimmung mit dem TAM 2 wird daher postuliert:

- Je mehr Biogasanlagenbetreiber Betriebe kennen, die bereits Erfahrungen mit der Feststoffvergärung gesammelt haben, desto höher sind der wahrgenommenen Nutzen (H5a), die Absicht zur Nutzung von Güllefeststoffen als Gärsubstrat (H5b) und das Nutzungsverhalten (H5c) bezüglich der Feststoffvergärung.

Auflagen EEG (Freiwilligkeit): Freiwilligkeit beschreibt im TAM 2 das Ausmaß, in dem potenzielle Nutzer einer Technologie die Anwendungsentscheidung als nicht verpflichtend empfinden (VENKATESH und DAVIS, 2000). Die Entscheidung über den Betrieb einer Biogasanlage und die zum Einsatz gelangenden Gärsubstrate obliegt grundsätzlich dem Anlagenbetreiber. Wie BORRIS und MAART-NÖLCK (2013) allerdings nachweisen konnten, hat die Förderpolitik des EEG einen direkten Einfluss auf eine Investition in eine Biogasanlage und auf die Art und Weise, wie diese betrieben wird. Daher gilt:

- Je höher die Anforderungen des EEG an die Gärsubstratzusammenstellung wahrgenommen werden, desto höher sind der wahrgenommenen Nutzen des Einsatzes von Güllefeststoffen (H6a) und die Nutzungsabsicht (H6b) und desto eher kommt es tatsächlich zur Nutzung (Nutzungsverhalten) (H6c).

Wahrgenommene Kosten: Die wahrgenommene Nutzerfreundlichkeit wird in wirtschaftlichen Zusammenhängen, etwa bei Investitionen in Rückverfolgbarkeitssysteme (HEYDER et al., 2012), häufig als Kosten der Nutzung einer Technologie interpretiert. Dies gilt in besonderer Weise für den Bereich der Biogasproduktion. Da die Einspeisevergütungen durch das EEG gegeben sind, müssen die Betriebe sehr bemüht sein, effizient zu produzieren, indem sie z.B. kostengünstige Inputs einsetzen. Angesichts zwischenzeitlich stark gestiegener Substratpreise, einer zunehmenden Flächenkonkurrenz, volatiler Agrarmärkte sowie extremer Witterungsverläufe kann der Einsatz von Feststoffen aus der Gülleseparation einen

Beitrag zu einem wirtschaftlichen Anlagenbetrieb leisten.

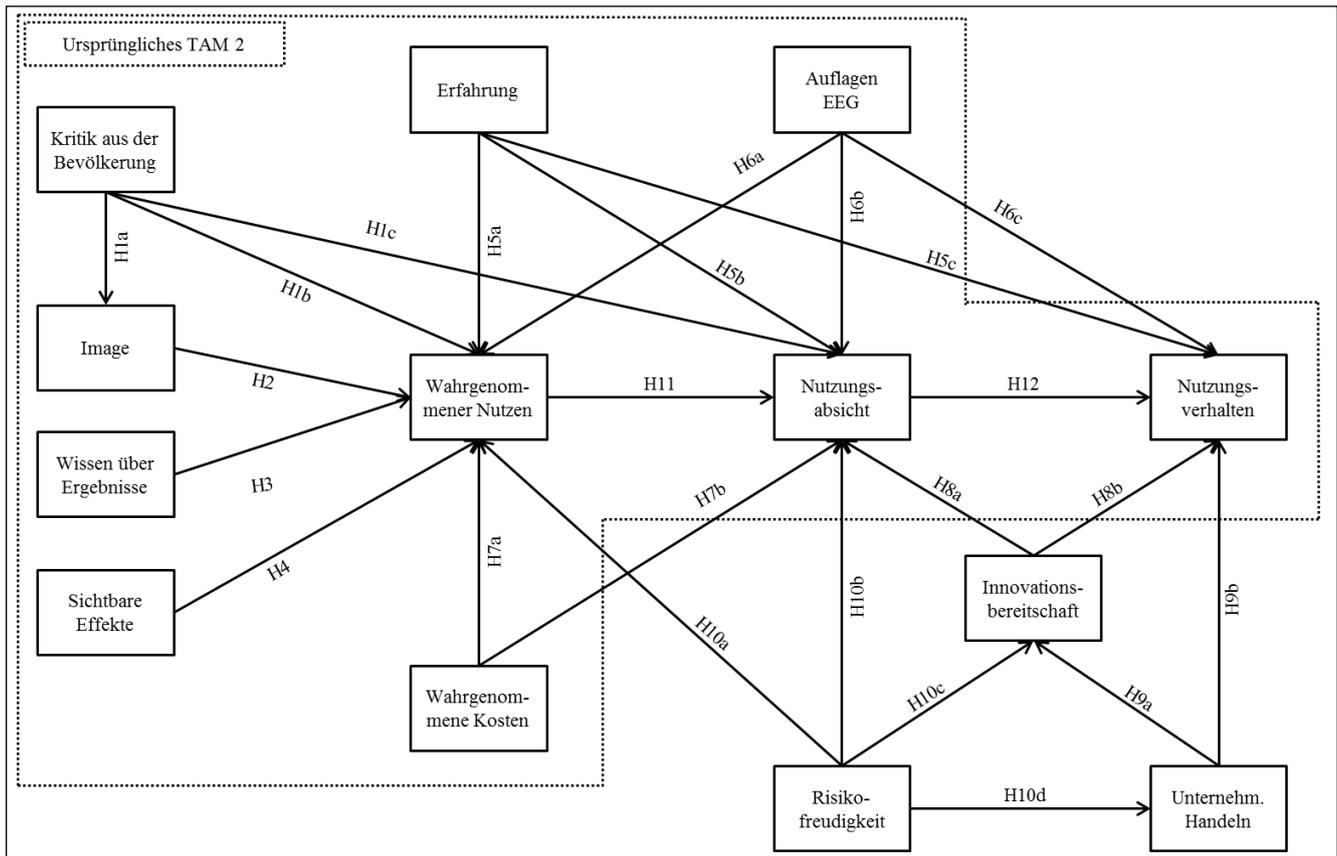
- Die wahrgenommenen Kosten des Einsatzes von Güllefeststoffen haben einen direkten positiven Einfluss auf den wahrgenommenen Nutzen (H7a) und die Nutzungsabsicht (H7b).

Risikofreudigkeit, Innovationsbereitschaft und unternehmerisches Handeln: In verschiedenen Studien wird das Innovationsverhalten als eine wichtige Determinante zur Erklärung der Akzeptanz von Innovationen angeführt (AGARWAL und PRASAD, 1998; FRAMBACH und SCHILLEWAERT, 2002). VOSS et al. (2009a) z.B. konnten in ihrer Studie nachweisen, dass Landwirte, die frühzeitig in Biogasanlagen investiert hatten, risikofreudiger sind und Innovationen aufgeschlossener gegenüberstehen als andere Landwirte. Ähnliche Befunde zur Bedeutung der Risikofreude (bzw. -aversion) für das Verhalten von Entscheidungsträgern liegen für den Bereich des landwirtschaftlichen Risikomanagements vor (SCHAPER et al., 2012). Des Weiteren konnte als Einflussfaktor auf die Risiko- und Innovationsbereitschaft das Managementverhalten von Landwirten, speziell ihre unternehmerische Orientierung, identifiziert werden (INDERHEES, 2007; SCHAPER et al., 2010a). Daraus folgt:

- Mit zunehmender Innovationsbereitschaft sind die Absicht zur Nutzung von Güllefeststoffen (H8a) und das Nutzungsverhalten (H8b) stärker ausgeprägt.
- Je ausgeprägter das unternehmerische Handeln von Anlagenbetreibern ist, desto höher sind die Innovationsbereitschaft (H9a) und das Nutzungsverhalten in Bezug auf Güllefeststoffe (H9b).
- Die Risikofreude von Anlagenbetreibern hat einen direkten positiven Einfluss auf den wahrgenommenen Nutzen des Einsatzes von Güllefeststoffen (H10a), die Nutzungsabsicht (H10b), die Innovationsbereitschaft (H10c) und das unternehmerische Handeln (H10d).

Wahrgenommener Nutzen: SCHOEMARKER (2007) betont, dass es zum Verhalten von Entscheidungsträgern in Unternehmen eine Vielzahl unterschiedlicher Theorien gibt. Von Biogasanlagenbetreibern ist anzunehmen, dass sie rational handeln und versuchen, ihren Nutzen – in diesem Falle den Gewinn aus dem Anlagenbetrieb – zu maximieren. Sie berücksichtigen dabei nicht nur die Kosten, sondern auch die Vorteile, die ihnen der Einsatz von Feststoffen aus der Gülleseparation bringen kann. Laut DAVIS (1989) sind für das Verständnis der Nutzeneinschätzung Auswirkungen sozialer Einflüsse und Wahrnehmungsprozesse von

Abbildung 3. Modell mit Hypothesen



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an das TAM 2 von VENKATESH und DAVIS (2000)

besonderer Bedeutung. Im Weiteren wird daher davon ausgegangen, dass Biogasanlagenbetreiber einen Nutzen in der Vergärung von Feststoffen sehen müssen, bevor es zur Entstehung einer Nutzungsabsicht kommt. Dieser „Mehr“-Nutzen im Vergleich zum Einsatz von Mais kann z.B. in einer Flächeneinsparung und den damit verbundenen Vorteilen (z.B. Möglichkeit des Anbaus alternativer Kulturen; Verminderung der Flächenkosten) bestehen.

- Je größer der wahrgenommene Nutzen des Einsatzes von Güllefeststoffen ist, desto stärker ausgeprägt ist die Nutzungsabsicht (H11).

Nutzungsabsicht: Auf Grund der Überlegungen aus dem TAM 2 (VENKATESH und DAVIS, 2000) und der Ergebnisse der Studie von HEYDER et al. (2012) wird erwartet, dass eine positive Einstellung zur Nutzung auch tatsächlich zum Einsatz von Feststoffen aus der Gülleseparation führt.

- Je größer die Nutzungsabsicht ist, desto eher kommt es tatsächlich zum Einsatz von Güllefeststoffen in Biogasanlagen (Nutzungsverhalten) (H12).

Abbildung 3 fasst das entwickelte Modell zur Erklärung des Einsatzes von Güllefeststoffen in Biogasanlagen zusammen.

3 Studiendesign

Die vorliegende Studie basiert auf den Ergebnissen einer deutschlandweiten standardisierten Online-Umfrage zur Akzeptanz des Einsatzes von Güllefeststoffen in Biogasanlagen. Die quantitative Datenerhebung erfolgte mittels EFS Surway Global Park im Februar und März 2014. Für die Verbreitung der Online-Umfrage wurden unterschiedliche Quellen genutzt. So wurde der Link zur Umfrage auf verschiedenen Webseiten¹ platziert. Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Hannover, verschickte eine E-Mail mit einem Appell zur Teilnahme an der Erhebung an 800 ihrer Mitglieder. Ferner wurde ein Aufruf zur Beteiligung an der Studie in zwei regionalen Bauernblättern veröffentlicht. Der Fragebogen gliederte sich in vier Abschnitte: Fragen zum Betrieb, zum Wissen über den Einsatz von Güllefeststoffen, zur Bereitschaft, Feststoffe einzusetzen, und zur Soziodemografie. Zur Erfassung der Modellkonstrukte (Va-

¹ Topagrar.de, Carmen-ev.de, Agrarticker.de, Landwirt.com, Forstfachverlag.de, Facebook.com

riablen) wurden verschiedene Items abgefragt, die nach Möglichkeit aus der bestehenden Literatur hergeleitet wurden (z.B. VOSS et al., 2009a; HEYDER et al., 2012). Die Items wurden überwiegend auf 5-stufigen Likert-Skalen (1 = stimme voll und ganz zu bis 5 = stimme überhaupt nicht zu) gemessen.

Die Datenanalyse erfolgt mittels des komponentenbasierten Strukturgleichungsverfahrens PLS mit Unterstützung durch die Software PLS-Graph 2.0.M3. Die PLS-Methode ist eine Kombination von Pfad-, Hauptkomponenten- und Regressionsanalyse (ALBERSMEIER und SPILLER, 2010; HEYDER et al., 2012). Die Beziehungen zwischen den Konstrukten des Modells werden dabei in einem Schritt untersucht. Das PLS-Verfahren strebt die maximale Varianzaufklärung der abhängigen Variablen und Indikatoren an (FUCHS, 2011) und besitzt eine Prognoseorientierung (IHL et al., 2006). Das Verfahren zielt auf eine möglichst genaue Schätzung der Ursprungsdaten ab (WEIBER und MÜHLHAUS, 2014).

Formal setzen sich PLS-Modelle aus einem inneren und äußeren linearen Gleichungssystem zusammen, die gemeinsam als Strukturgleichungsmodell bezeichnet werden. Die Analyse erfolgt in zwei Schritten. In einem ersten Schritt wird die Güte des Messmodells (äußeres Modell) bezüglich seiner Reliabilität und Validität bewertet. Das äußere Modell bildet die Beziehung zwischen den latenten Variablen und den manifesten (Indikator-)Variablen ab. Die Überprüfung des Strukturmodells (inneres Modell) erfolgt in einem zweiten Schritt. Das Strukturmodell beschreibt die Wirkungsbeziehungen zwischen den einzelnen latenten Variablen (HUBER et al., 2007; ALBERSMEIER und

SPILLER, 2010; HEYDER et al., 2012).

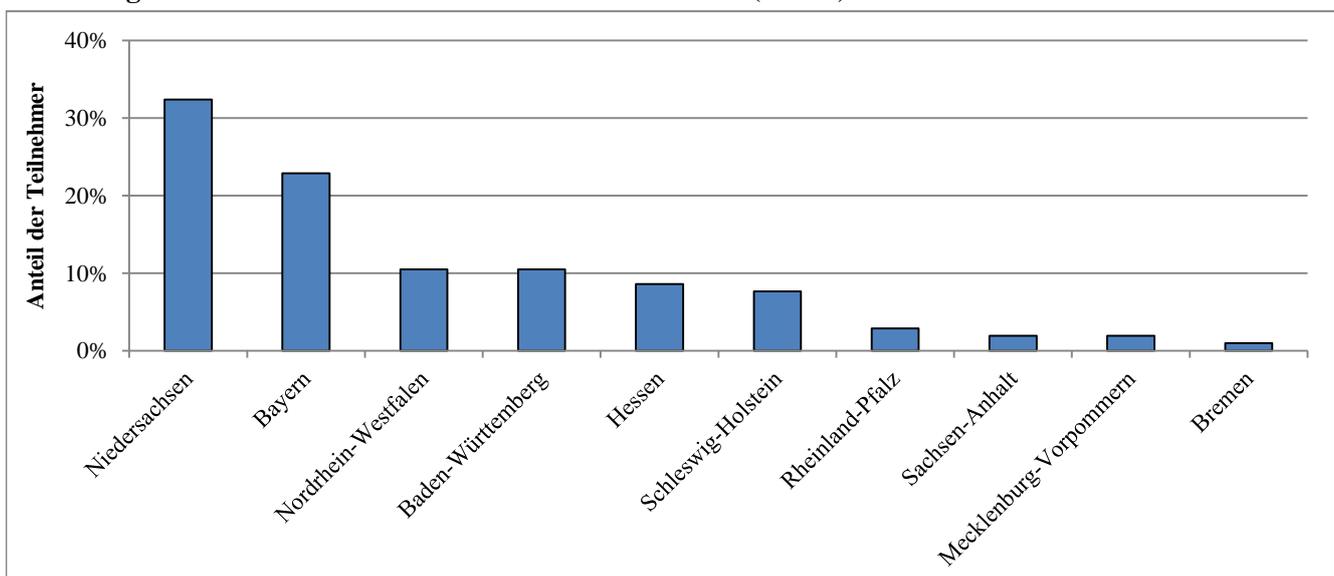
PLS bietet den Vorteil, dass die Schätzergebnisse nur in geringem Maße vom Stichprobenumfang abhängig sind. Bereits bei Stichprobengröße von 20 Fällen können robuste Schätzergebnisse generiert werden, da PLS-Modelle eine sehr geringe Neigung zur „consistency at large“ besitzen (BLIEMEL, 2005). Da die PLS-Pfadanalyse sich für sehr komplexe Modelle und explorative Studien eignet, bei denen das anzuwendende Modell neu ist und sich noch beweisen muss (ALBERSMEIER und SPILLER, 2010; WEIBER und MÜHLHAUS, 2014), findet das PLS-Verfahren im Folgenden Anwendung.

4 Ergebnisse der empirischen Analyse

4.1 Stichprobenbeschreibung

Aus dem gesamten Bundesgebiet nahmen insgesamt 110 Biogasanlagenbetreiber an der Studie teil; aufgrund fehlender Angaben konnten jedoch nur 105 Fragebögen in den Analysen berücksichtigt werden. Rund 32 % der 105 Teilnehmer kamen aus Niedersachsen, etwa 23 % aus Bayern sowie je ca. 11 % aus Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg. Die restlichen Teilnehmer stammten aus Hessen, Schleswig-Holstein, Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern (Abbildung 4). Vergleicht man diese Angaben mit den Daten des FACHVERBANDES BIOGAS E.V. (2014), so wird deutlich, dass dies diejenigen Bundesländer sind, in denen die meisten Biogasanlagen stehen. Rund 67 % der Probanden

Abbildung 4. Anteil der Teilnehmer nach Bundesländern (n=105)



Quelle: eigene Darstellung

bewirtschaften ihre Biogasanlage alleine, während 33 % ihre Anlagen in Kooperation, meist mit anderen Landwirten, betreiben. Mit rund 65 % wird der überwiegende Teil der Anlagen nach dem EEG 2009 vergütet; 22 % erhalten eine Vergütung nach dem EEG 2004, 11 % nach dem EEG 2012. Unter das EEG 2000 fallen lediglich 3 % der Anlagen. Nur Anlagen, die nach dem EEG 2012 vergütet werden, sind vom sog. „Maisdeckel“ (§ 27 Abs. 5 Nr. 1 EEG 2012) betroffen. Da neben dem „Maisdeckel“ auch noch andere Faktoren den Einsatz von Güllefeststoffen begünstigen können, bspw. der Wunsch nach Aktivierung des Güllebonus nach dem EEG 2009, steigende Substratkosten oder Abnahme von Nährstoffen in Form von Güllefeststoffen aus Nährstoffüberschussregionen, die durch tierhaltende Betriebe vielfach finanziell honoriert wird, erscheint es sinnvoll, den Analysen den Datensatz der gesamten Stichprobe zugrunde zu legen.

Das durchschnittliche Alter der Befragungsteilnehmer liegt bei rund 31 Jahren. Bei einem Vergleich mit der Altersstruktur der Betriebsinhaber, Familienangehörigen und ständigen familienfremden Arbeitskräfte in der Landwirtschaft aus dem Jahr 2010 (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2014) wird deutlich, dass die Befragungsteilnehmer recht jung sind. In der Abbildung 5 ist dementsprechend zu erkennen, dass die Altersklassen „unter 25“, „25-34“ und „35-44“ in der Stichprobe überrepräsentiert, die anderen Altersklassen hingegen unterrepräsentiert sind. Diese Tatsache ist darauf zurückzuführen, dass die Umfrage online erfolgte; wie schon mehrere Studien (VENNEMANN und THEUVSEN, 2004; LANDWIRTSCHAFTSVERLAG

MÜNSTER, 2013) zeigen konnten, nutzen jüngere Landwirte das Internet häufiger als ältere.

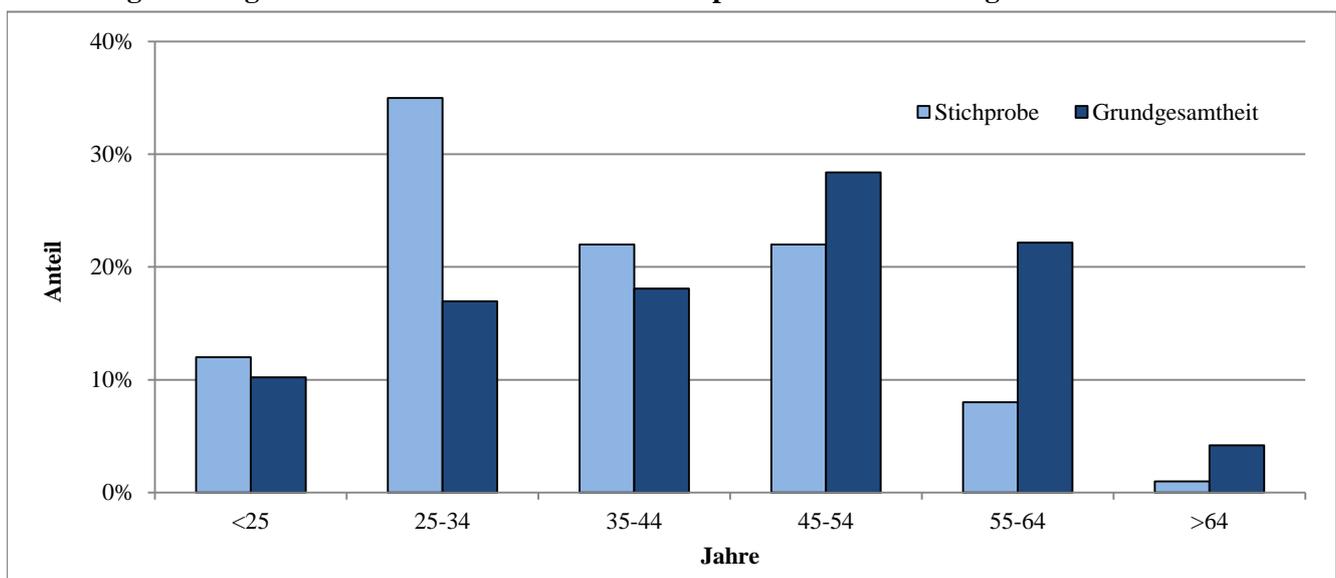
Um zu überprüfen, ob den Probanden die Möglichkeit, Güllefeststoffe in der Anlage einzusetzen, bekannt ist, wurden sie zunächst nach ihrem Wissensstand zur Güllefeststoffvergärung befragt. Dazu machten 101 Probanden eine Angabe. Rund 50 % von ihnen schätzen ihren diesbezüglichen Wissensstand als gut bis sehr gut ein, etwa 40 % stuften ihn als mittelmäßig und nur 11 % als (sehr) schlecht ein. Als wichtigste Informationsquellen wurden Bücher und Fachzeitschriften (65 %), das Internet (56 %), Beratungsgespräche (55 %) sowie Vorträge (51 %) genannt.

Aufgrund der geringen Zahl der Befragungsteilnehmer, der selektiven Auswahl der Probanden über das Verfahren der Online-Befragung und eines nicht auszuschließenden *self-selection-bias* können die empirischen Ergebnisse keinen Anspruch auf Repräsentativität erheben. Sie können dennoch erste Anhaltspunkte dafür liefern, warum die Güllefeststoffvergärung in der Praxis bisher nur eine unbedeutende Rolle einnimmt.

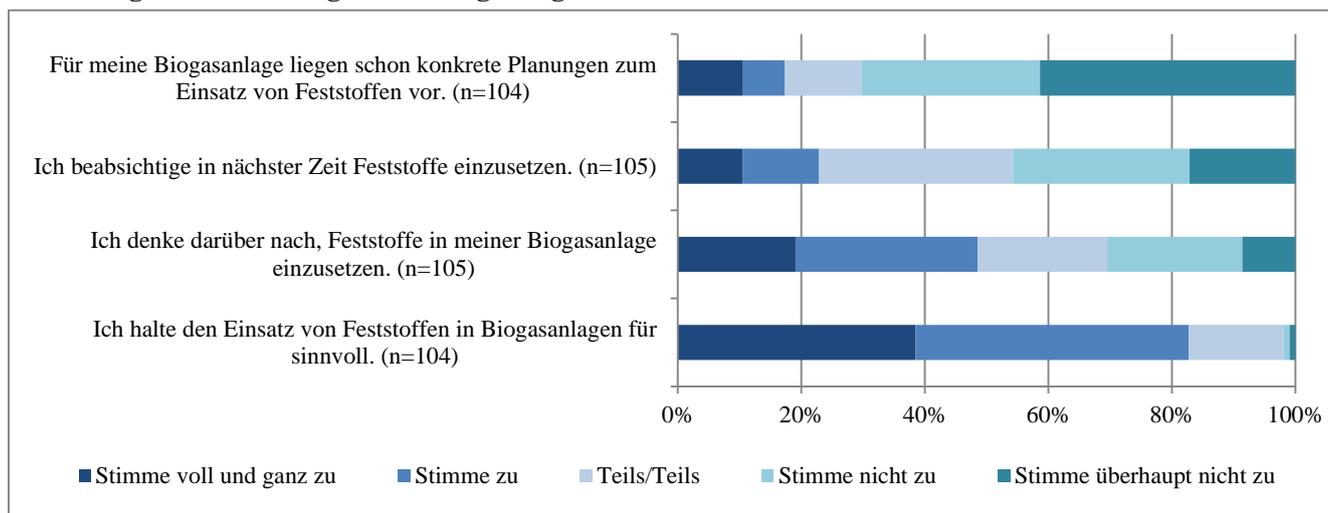
4.2 Deskriptive Ergebnisse

In Vorbereitung auf den Test des aufgestellten Modells zur Nutzung von Güllefeststoffen als Gärsubstrat wurden die Einstellungen der Befragungsteilnehmer zur Vergärung von Feststoffen abgefragt (Abbildung 6). Lediglich 18 % der Teilnehmer haben schon konkrete Planungen zum Einsatz von Güllefeststoffen. Immerhin etwas mehr als ein Fünftel der Befragten hat die Absicht, zukünftig Feststoffe in ihren Biogasanlagen einzusetzen. Rund 50 % der Teilnehmer an

Abbildung 5. Vergleich der Altersstruktur in der Stichprobe und der Grundgesamtheit



Quelle: eigene Darstellung nach STATISTISCHES BUNDESAMT (2014)

Abbildung 6. Einstellungen zur Vergärung von Güllefeststoffen

Quelle: eigene Darstellung

der Befragung geben an, über den Einsatz von Feststoffen nachzudenken, und sogar mehr als 80 % halten ihn für sinnvoll. Trotzdem sind offenbar nur vergleichsweise wenige Anlagenbetreiber bereit, Feststoffe auch wirklich einzusetzen. Dies zeigt, dass Barrieren vorhanden sein müssen, die die Adoption dieses Gärsubstrates behindern. An diesem Punkt gilt es anzusetzen und die Beweggründe für und gegen den Einsatz von Güllefeststoffen herauszuarbeiten.

Als mögliche weitere Einflussfaktoren wurden bei der Modellbeschreibung die „Innovationsbereitschaft“ und die „Risikoeinstellung“ der Anlagenbetreiber berücksichtigt. Im Rahmen der Befragung wurde daher anhand von je drei Statements die Ausprägung der beiden Faktoren abgefragt. Über die gesamte Stichprobe hinweg zeigt sich, dass die Teilnehmer im Durchschnitt als eher risikofreudig einzustufen sind (Tabelle 1). Zwar wird einerseits Sicherheit als wichtig empfunden, doch wird andererseits durchaus Risikobereitschaft erkennbar, wenn es um die Weiterentwicklung

des eigenen Betriebes geht. Das Risiko, Güllefeststoffe zu vergären, wird als eher gering eingestuft. Insgesamt lässt sich aus den Ergebnissen der Umfrage ableiten, dass die Teilnehmer durchaus innovationsfreudig sind und Neuheiten prinzipiell aufgeschlossen gegenüberstehen.

4.3 Evaluierung des Messmodells

Zur Überprüfung des Messmodells (äußeres Modell) werden als Gütekriterien die Indikator- und die Konstruktreliaibilität sowie die Diskriminanzvalidität herangezogen. Die Indikatorreliaibilität gibt an, wie groß der Erklärungsgrad der Indikatorvarianz durch das Konstrukt ist. Das zugeordnete Konstrukt sollte mindestens die Hälfte der Varianz des Indikators erklären. Dies entspricht einem Wert von mindestens 0,7 für die Faktorladung als Gütemaß (NITZL, 2010). Nach HUBER et al. (2007) müssen Faktorladungen nur einen Wert größer 0,4 annehmen; Werte größer 0,7 werden als gut eingestuft. Wie aus der Tabelle 5 im Anhang

Tabelle 1. Risikoeinstellung und Innovationsbereitschaft

		μ	σ
Risiko-einstellung	Mir ist Sicherheit wichtig, deshalb vermeide ich Risiken. (n=102)	3,05	0,88
	Ich gehe ungern Risiken ein, um meinen Betrieb voran zu bringen. (n=103)	3,83	0,80
	Das Risiko, Feststoffe einzusetzen, ist mir zu hoch. (n=104)	3,77	0,92
Innovations-bereitschaft	Neue Produktionstechniken und Technologien interessieren mich. (n=101)	1,65	0,59
	Ich lege Wert darauf, bei Innovationen schnell dabei zu sein. (n=102)	2,44	0,91
	Ich nutze das Smartphone häufig für betriebliche Zwecke. (n=101)	2,44	1,30

(1 = stimme voll und ganz zu bis 5 = stimme überhaupt nicht zu); μ = Mittelwert; σ = Standardabweichung

Quelle: eigene Darstellung

zu entnehmen ist, werden die Anforderungen in Bezug auf die Höhe der Faktorladungen durchweg erfüllt. Im nächsten Schritt wird die Konstruktrelia-bilität überprüft. Sie gibt an, wie gut das Konstrukt durch die Indikatoren gemessen wird (GÖTZ und LIEHR-GOBBER, 2004). Gütemaße zur Beurteilung der Konstruktrelia-bilität sind Cronbachs Alpha (CRA) und die Faktorrelia-bilität (Composite Reliability, CR). Ein Konstrukt wird als reliabel erachtet, wenn Cronbachs Alpha einen Wert von $> 0,6$ annimmt (NUNNALLY, 1978). Die Faktorrelia-bilität sollte größer als 0,7 sein (CHIN, 1998b). Die durchschnittlich erfasste Varianz (DEV) wird zur Beurteilung der Diskriminanzvalidität herangezogen. Sie erklärt die gemeinsam erfasste Varianz zwischen den Indikatoren und dem Konstrukt und sollte höher als 0,5 sein (CHIN, 1998b). Die Ergebnisse für das Modell sind in Tabelle 2 dargestellt. Insgesamt zeigt sich, dass für das Messmodell die genannten Gütekriterien erfüllt werden.

Zusätzlich wird das Fornell-Larcker-Kriterium zur Überprüfung der Diskriminanzvalidität verwendet. Demnach muss die DEV größer sein als die quadrierte Korrelation zwischen den anderen Konstrukten (FORNELL und LARCKER, 1981). Dieses Gütekriterium wird ebenfalls von allen Konstrukten erfüllt. Weiterhin zeigt sich, dass die Kreuzladungen geringer ausfallen als die Ladungen auf die entsprechenden Konstrukte (HAIR et al., 2010). Somit kann auch die Validität der latenten Konstrukte im Messmodell bestätigt werden.

Tabelle 2. Gütekriterien der Konstrukte

	AI	DEV	CR	CRA
Auflagen EEG	3	0,634	0,838	0,709
Erfahrungen	1	1,000	1,000	1,000
Image	2	0,774	0,873	0,713
Innovationsbereitschaft	5	0,535	0,850	0,780
Kritik aus der Bevölkerung	2	0,818	0,900	0,778
NAbsicht	2	0,808	0,894	0,763
NVerhalten	1	1,000	1,000	1,000
Risikofreudigkeit	1	1,000	1,000	1,000
Sichtbare Effekte	3	0,574	0,798	0,648
Unternehm. Handeln	1	1,000	1,000	1,000
Wissen über Ergebnisse	1	1,000	1,000	1,000
WKosten	1	1,000	1,000	1,000
WNutzen	1	1,000	1,000	1,000

AI = Anzahl Items; DEV = durchschnittlich erfasste Varianz; CR = Composite Reliability; CRA = Cronbachs Alpha; NAbsicht = Nutzungsabsicht; NVerhalten = Nutzungsverhalten; WNutzen = wahrgenommener Nutzen; WKosten = wahrgenommene Kosten

Quelle: eigene Darstellung

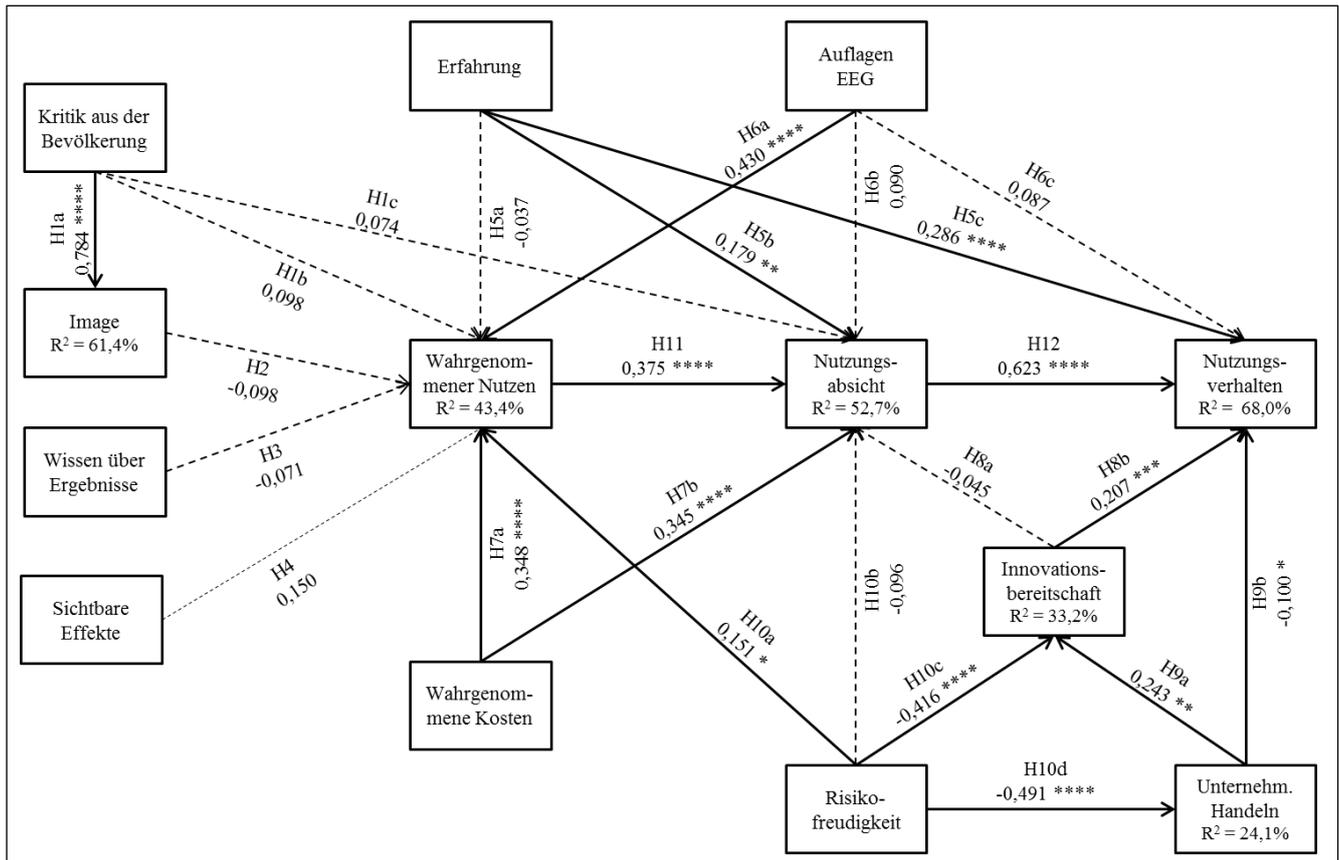
4.4 Ergebnisse des Strukturmodells

Gütekriterien zur Beurteilung des Strukturmodells (inneres Modell) sind das Bestimmtheitsmaß der endogenen Konstrukte, die Signifikanz der Pfadkoeffizienten, die Effektgröße sowie das Stone-Geisser-Kriterium. Das Bestimmtheitsmaß (R^2) beschreibt den Anteil der erklärten Gesamtvarianz eines Konstrukts (GÖTZ und LIEHR-GOBBER, 2004). Es gibt an, wie gut ein endogenes Konstrukt durch die ausgewählten exogenen Konstrukte erklärt wird (HUBER et al., 2007) bzw. wie viel Prozent der Zielvariablen mit den latenten Variablen erklärt werden können. Je geringer also der R^2 -Wert ist, desto größer ist der Einfluss von Größen, die nicht im Modell berücksichtigt wurden. Das Bestimmtheitsmaß sollte größer 0,4 sein, wobei ein Wert von 0,67 als „substantiell“, von 0,33 als „durchschnittlich“ und von 0,19 als „schwach“ eingestuft wird (CHIN, 1998a).

Um eine Aussage über die Zusammenhänge der latenten Konstrukte treffen zu können, werden die Pfadkoeffizienten betrachtet, wobei jeder Pfad einer aufgestellten Hypothese entspricht. Die Pfadkoeffizienten werden wie die standardisierten Beta-Koeffizienten aus einer Regressionsanalyse interpretiert. Nach CHIN (1998b) sind Werte größer 0,2 bzw. unter -0,2 zu erzielen. Die Aussagekraft der Pfadkoeffizienten wird durch Jackknife-basierte t-Werte überprüft (CRASK und PERREAULT, 1977). Die t-Werte werden durch das Bootstrapping-Verfahren ermittelt. In der vorliegenden Studie wurden dazu 5 000 Resamples berechnet. Die Pfadkoeffizienten und die statistisch signifikanten kausalen Zusammenhänge können Abbildung 7 entnommen werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die endogenen Konstrukte „Nutzungsabsicht“ (NAbsicht) und „Nutzungsverhalten“ (NVerhalten) zu 52,7 % bzw. 68,0 % durch die exogenen Konstrukte erklärt werden (Abbildung 7). Für die Variablen „wahrgenommener Nutzen“ (WNutzen) und „Image“ konnten ebenfalls Bestimmtheitsmaße größer 0,4 erzielt werden. Die „Innovationsbereitschaft“ und das „unternehmerische Handeln“ weisen Werte unter 0,4 auf. Die Modellgüte ist somit insgesamt nach CHIN (1998a) als „durchschnittlich“, in einigen Teilen aber auch als „substantiell“ einzustufen. Unter Berücksichtigung des explorativen Charakters der Studie stellt dies insgesamt ein zufriedenstellendes Resultat dar.

Abbildung 7. Strukturmodell mit Gütekriterien



Signifikanzniveau: $p \leq 0,1$ *; $p \leq 0,05$ **; $p \leq 0,01$ ***; $p \leq 0,001$ ****; gestrichelte Linie = nicht signifikant; durchgezogene Linie = signifikant
Quelle: eigene Darstellung

Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass viele der getesteten Hypothesen aufgrund fehlender kausaler Zusammenhänge verworfen werden müssen. So müssen die Hypothesen der sozialen Prozessvariablen „Kritik aus der Bevölkerung“ (H1b, H1c) und „Image“ (H2) abgelehnt werden. Gleiches gilt für die kognitiv-instrumentellen Prozessvariablen „Wissen über Ergebnisse“ (H3) und „sichtbare Effekte“ (H4) sowie die Hypothesen H5a, H6b, H6c, H8a und H10b.

Der „wahrgenommene Nutzen“ (WNutzen) wird am stärksten durch den politischen Druck, der durch das EEG (Auflagen EEG) ausgeübt wird, beeinflusst (0,430 ****), gefolgt von den „wahrgenommenen Kosten“ (WKosten; 0,348 ****) und der „Risikofreudigkeit“ (0,151 *). Die Hypothesen H6a, H7a und H10a können somit angenommen werden. Der „wahrgenommene Nutzen“ wiederum hat den stärksten Einfluss auf die „Nutzungsabsicht“ (NAb-sicht) (0,375 ****). Aber auch die „wahrgenommenen Kosten“ (0,345 ****) und die „Erfahrung“ (0,179 **) beeinflussen die „Nutzungsabsicht“. Somit können auch die Hypothesen H5b, H7b und H11 bestätigt werden. Das „Nutzungsverhalten“ (NVerhalten) wird

im Wesentlichen durch die „Nutzungsabsicht“ beeinflusst (0,623 ****). Weitere Einflussfaktoren sind die „Erfahrung“ (0,286 ****), die „Innovationsbereitschaft“ (0,207 ****) und das „unternehmerische Handeln“ (-0,100 *). H5c, H8b und H12 können somit angenommen werden. H9b sowie H10c und H10d müssen aufgrund des Vorzeichens, das anders als erwartet ausgefallen ist, abgelehnt werden.

Die Effektgröße deutet darauf hin, wie stark der Einfluss einer exogenen latenten Variable auf die mit ihr in Beziehung stehende latente endogene Variable ist (GÖTZ und LIEHR-GOBBER, 2004). Nach COHEN et al. (1972) besteht ab einer Effektgröße von $>0,02$ ein schwacher Einfluss, ab $>0,15$ ein moderater und ab $>0,35$ ein starker Einfluss. Die Analysen für die „Nutzungsabsicht“ und das „Nutzungsverhalten“ zeigen, dass die „wahrgenommenen Kosten“ (0,17) und der „wahrgenommene Nutzen“ (0,16) einen moderaten Einfluss und die „Erfahrung“ (0,06) einen schwachen Einfluss auf die „Nutzungsabsicht“ haben. Auf das „Nutzungsverhalten“ haben die „Erfahrung“ (0,24) einen moderaten und das „Unternehmertum“ (0,02) und die „Innovationsbereitschaft“ (0,10) einen schwachen Einfluss.

Neben den zuvor beschriebenen direkten Effekten müssen weiterhin die sog. totalen Effekte auf das „Nutzungsverhalten“ betrachtet werden. Die totalen Effekte entsprechen der Addition der jeweiligen direkten und indirekten Effekte. Die direkten Effekte sind über die Pfadkoeffizienten unmittelbar messbar; die indirekten Effekte ergeben sich durch Multiplikation der einzelnen Pfadkoeffizienten (β) des betrachteten Pfades. Als Beispiel soll der Einfluss des Konstrukts „Auflagen EEG“ auf das „Nutzungsverhalten“ erläutert werden. Wie aus der Abbildung 7 deutlich wird, wurde mit der Hypothese H6c der direkte Effekt des Konstruktes „Auflagen EEG“ auf das „Nutzungsverhalten“ abgebildet ($\beta=0,087$). Das Konstrukt „Auflagen EEG“ hat jedoch noch über zwei indirekte Effekte einen Einfluss auf das „Nutzungsverhalten“: über das Konstrukt „Nutzungsabsicht“, dargestellt über die Hypothesen H6b ($\beta=0,090$) und H12 ($\beta=0,623$), sowie über den „wahrgenommenen Nutzen“, entsprechend H6a ($\beta=0,430$), H11 ($\beta=0,375$) und H12 ($\beta=0,635$). Die Summe der direkten und indirekten Effekte und somit der totale Effekt des Konstruktes „Auflagen EEG“ auf das „Nutzungsverhalten“ beträgt 0,244 und ist signifikant. Wie aus Tabelle 3 ersichtlich wird, können statistisch signifikante totale Effekte nur für einige Konstrukte nachgewiesen werden. Dabei zeigt sich, dass die totalen Effekte im Wesentlichen von den bereits für die direkten Effekte bedeutenden Konstrukten ausgehen.

Abschließend werden noch die mediiierenden Effekte betrachtet. Ein mediiierender Effekt kommt zustande, wenn ein indirekter Zusammenhang zwischen einem unabhängigen und einem abhängigen Konstrukt besteht, der durch ein intervenierendes Konstrukt entsteht (BARON und KENNEY, 1986). Im vorliegenden Modell lassen sich folgende Mediatorstrukturen definieren: „Image“, „wahrgenommener Nutzen“, „Nutzungsabsicht“, „Innovationsbereitschaft“ und „unternehmerisches Handeln“. Mit Hilfe des z-Tests von SOBEL (1982) wird analysiert, ob eine signifikante mediiierende Beziehung vorliegt. Die zur Berechnung notwendigen Pfadkoeffizienten und Standardfehler sowie das Ergebnis des z-Tests sind in Tabelle 4 dargestellt. Dem intervenierenden Konstrukt „Image“ kann aufgrund der fehlenden Signifikanz kein Mediationseffekt zugesprochen werden. Der „wahrgenom-

Tabelle 3. Totale Effekte

	Totaler Effekt	SE	t-Wert
Auflagen EEG	0,244	0,094	2,584 ***
Erfahrungen	0,389	0,081	4,791 ****
Image	-0,023	0,038	0,607
Innovationsbereitschaft	-0,045	0,080	0,562
Kritik aus der Bevölkerung	0,051	0,056	0,913
NAbsicht	0,623	0,067	9,365 ****
Risikofreudigkeit	-0,072	0,058	1,226
Sichtbare Effekte	0,035	0,026	1,333
Unternehmerisches Handeln	-0,056	0,054	1,045
Wissen über Ergebnisse	-0,017	0,023	0,709
WKosten	0,296	0,061	4,841 ****
WNutzen	0,234	0,083	2,803 ***

SE = Standardfehler; Signifikanzniveaus: $p < 0,1$ *; $p < 0,05$ **; $p < 0,01$ ***; $p < 0,001$ ****

Quelle: eigene Darstellung

mene Nutzen“ hat teilweise einen mediiierenden Einfluss. Für die Variablen „Nutzungsabsicht“, „Innovationsbereitschaft“ und „unternehmerisches Handeln“ kann ebenfalls ein mediiierender Einfluss nachgewiesen werden. Analog zur Berechnung der totalen Effekte errechnet sich der mediiierende Effekt durch Multiplikation der Pfadkoeffizienten zwischen den Konstrukten (Koeffizienten a und b in Tabelle 4). Betrachtet man exemplarisch den signifikant mediiierenden Effekt zwischen den Konstrukten „Auflagen EEG“ und „wahrgenommenen Nutzen“, so beträgt dieser $0,430 \cdot 0,375 = 0,161$. Analog ist bei der Berechnung der anderen mediiierenden Effekte vorzugehen.

Mittels des Stone-Geisser-Kriteriums (Q^2) wird abschließend die Vorhersagevalidität auf Ebene des Strukturmodells ermittelt. Es wird analysiert, inwieweit die erhobenen Daten durch das Modell rekonstruiert werden können (GÖTZ und LIEHR-GOBBER, 2004). Die Prognoserelevanz des Modells wird ab einem Wert größer Null angenommen (HUBER et al., 2007; WEIBER und MÜHLHAUS, 2014). Werte gleich Null bedeuten, dass das Modell die Rohdaten nicht besser vorhersagen kann als eine Mittelwertschätzung; Werte kleiner Null deuten darauf hin, dass das Modell keine Prognoserelevanz besitzt (NITZL, 2010; WEIBER und MÜHLHAUS, 2014). Für das untersuchte Modell sind die Q^2 -Werte für die einzelnen Konstrukte gleich Null. Die Prognoserelevanz des Modells kann aufgrund fehlender negativer Werte nicht abgelehnt werden.

Tabelle 4. Mediationseffekt: Ergebnisse des z-Tests nach SOBEL (1982)

Beziehungen			Koeffizient		Standardfehler		Sobel z-Test
Exogene Variable	Mediator-variable	Endogene Variable	a	b	SE _a	SE _b	Z*
Auflagen EEG	WNutzen	NAbsicht	0,430	0,375	0,072	0,109	2,988 ***
WKosten	WNutzen	NAbsicht	0,348	0,375	0,089	0,109	2,590 ***
Risikofreudigkeit	WNutzen	NAbsicht	0,151	0,375	0,092	0,109	1,489
Erfahrung	NAbsicht	NVerhalten	0,179	0,623	0,075	0,067	2,327 **
WNutzen	NAbsicht	NVerhalten	0,375	0,623	0,109	0,067	0,3,24 ***
Unternehm. Handeln	Innovationsbereitschaft	NVerhalten	0,243	0,207	0,103	0,066	1,884 *
Risikofreudigkeit	Unternehm. Handeln	Innovationsbereitschaft	-0,491	0,243	0,105	0,103	-2,110 **

$$z = \frac{a * b}{\sqrt{b^2 * SE_a^2 + a^2 * SE_b^2}}$$

$$SE = \text{Standardfehler}; \text{Signifikanzniveaus: } p < 0,1 *; p < 0,05 **; p < 0,01 ***; p < 0,001 ****$$

Quelle: eigene Darstellung

5 Diskussion und Fazit

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, Einflussfaktoren zu identifizieren, die auf die „Nutzungsabsicht“ und das „Nutzungsverhalten“ in Bezug auf Güllefeststoffe abzielen. Der Analyse liegt ein Modell zu Grunde, das in Anlehnung an das Technology Acceptance Model 2 (TAM 2) von VENKATESH und DAVIS (2000) entwickelt wurde. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die Studie keinen Anspruch auf Repräsentativität erheben kann. Dennoch lassen die Ergebnisse erste Rückschlüsse auf wichtige Ansatzpunkte zu, die einen Beitrag dazu leisten können, die Akzeptanz und die Nutzung von Güllefeststoffen zu steigern.

Die „Nutzungsabsicht“ und das „Nutzungsverhalten“ werden signifikant von dem „wahrgenommenen Nutzen“, den „wahrgenommenen Kosten“, der „Erfahrung“ sowie der „Innovationsbereitschaft“ und dem „unternehmerischen Handeln“ der Anlagenbetreiber beeinflusst. Der hoch signifikante Einfluss der Nutzen- und der Kostenwahrnehmung auf die „Nutzungsabsicht“ ist nicht überraschend, sondern steht im Einklang mit dem wachsenden wirtschaftlichen Druck, der auf vielen Biogasanlagen lastet (HÖHER, 2014); und das Ergebnis stimmt zudem mit verbreiteten Annahmen über die Entscheidungskalküle von Unternehmen überein (MUBHOFF und HIRSCHAUER, 2011). Dementsprechend werden Biogaserzeuger Feststoffe aus der Gülleseparation nur dann als alternatives Gärsubstrat in Betracht ziehen, wenn diese einen Vorteil gegenüber den bisher eingesetzten Substraten

aufweisen. Dass die Substratkosten von Bedeutung sind, war vor dem Hintergrund, dass diese 50 bis 60 % der jährlichen Gesamtkosten einer Biogasanlagen ausmachen (DÖHLER et al., 2007; SCHÜSSELER, 2008) und in den vergangenen Jahren gestiegen sind, zu erwarten. Dem „wahrgenommenen Nutzen“ kommt in diesem Zusammenhang nur eine mediierende Bedeutung zu, wie die Ergebnisse des Sobel-Tests gezeigt haben.

Das „Nutzungsverhalten“ wird signifikant von den Konstrukten „Innovationsbereitschaft“ und „unternehmerisches Handeln“ beeinflusst. Mit steigender Innovationsbereitschaft und unternehmerischer Ausrichtung des Handelns nimmt die Wahrscheinlichkeit zu, dass Feststoffe wirklich eingesetzt werden. Nicht außer Acht zu lassen ist in diesem Zusammenhang, dass risikofreudigere Anlagenbetreiber eine höhere Innovationsbereitschaft aufweisen. Diese Resultate bestätigen die Ergebnisse der Studie von VOSS et al. (2009a), in der festgestellt wurde, dass Landwirte mit einer hohen Innovationsbereitschaft eine höhere Risikofreude und Innovationsorientierung aufweisen. Der signifikant negative Zusammenhang zwischen der „Risikofreudigkeit“ und dem „unternehmerischen Handeln“ ist dagegen überraschend, da generell davon auszugehen ist, dass unternehmerisches Handeln mit Risiko verbunden ist (DIEDERICH, 2010). Dieser Zusammenhang lässt sich jedoch möglicherweise dadurch erklären, dass es das Ziel des unternehmerischen Handelns ist, den Betrieb weiterzuentwickeln, indem Mitarbeiter und betriebliche Ressourcen zusammengebracht werden, um die sich bietenden Chan-

cen nutzen zu können (MÜLLER, 2003). Eine zu hohe Risikobereitschaft kann demnach zu schnellen und unüberlegten Handlungen führen, deren Ergebnisse keinen Beitrag zur Erreichung der unternehmerischen Ziele leisten.

Wie schon andere Untersuchungen (VOSS et al., 2009a, 2009b; SCHAPER et al., 2010b, 2012), so zeigen auch die Ergebnisse dieser Studie, dass die Risikoeinstellung, das Innovationsverhalten und das unternehmerische Handeln bei betrieblichen Entscheidungen von Bedeutung sind. Dies wird auch daran deutlich, dass das Bestimmtheitsmaß (R^2) für die „Nutzungsabsicht“ und das „Nutzungsverhalten“ ohne Berücksichtigung dieser drei Konstrukte auf 64,7 % (-3,3 Prozentpunkte) bzw. 51,1 % (-1,6 Prozentpunkte) absinkt. Ferner wird dieses Ergebnis verstärkt durch die Ergebnisse des z-Tests nach SOBEL, der den beiden Konstrukten „Innovationsbereitschaft“ und „unternehmerisches Handeln“ einen signifikant mediierten Effekt zuweist. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass die Erweiterung des TAM 2 um Konstrukte, die Merkmale unternehmerischen Handelns abbilden, sinnvoll war. Daher sollte darüber nachgedacht werden, diese Konstrukte zukünftig generell in die Akzeptanzforschung einzubeziehen. Diese Sichtweise wird auch dadurch gestützt, dass VENKATESH et al. (2003) in ihrer Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) ebenfalls weitere Erklärungsgrößen, etwa das Geschlecht und das Alter der Probanden, berücksichtigt haben.

Für die exogenen Konstrukte „Kritik aus der Bevölkerung“, „Image“, „Wissen über Ergebnisse“ sowie „sichtbare Effekte“ kann dagegen kein signifikanter Einfluss auf den „wahrgenommenen Nutzen“ und die „Nutzungsabsicht“ nachgewiesen werden. Dies ist insbesondere mit Blick auf das Konstrukt „sichtbare Effekte“ überraschend, da davon ausgegangen werden konnte, dass z.B. eine Verringerung des Flächen- und des Mineraldüngerbedarfs den wahrgenommenen Nutzen des Einsatzes von Güllefeststoffen erhöht. Die fehlenden Zusammenhänge sind möglicherweise auf die Unsicherheit der Anlagenbetreiber bezüglich der wirklich erzielbaren und im Betrieb spürbaren Effekte zurückzuführen. Zu dieser Interpretation passt, dass die Praxistauglichkeit des Feststoffeinsatzes vielfach noch in Frage gestellt wird. Unter dem Gesichtspunkt der Förderung des Einsatzes von Güllefeststoffen in Biogasanlagen erscheint es daher sinnvoll, durch entsprechende Maßnahmen von Beratern, Landwirtschaftskammern, Ministerien oder Branchenverbänden die Kommunikation sowie den Austausch prakti-

scher Erfahrungen zwischen Betreibern von Biogasanlagen zu intensivieren.

Abschließend ist festzuhalten, dass aufgrund der guten Ergebnisse der Messmodell- und Strukturmodellprüfung die Eignung des TAM 2 als Modell im betrachteten Zusammenhang grundsätzlich gegeben ist, obwohl die empirischen Ergebnisse auf eine geringe Bedeutung der von VENKATESH und DAVIS (2000) identifizierten sozialen und kognitiv-instrumentellen Konstrukte bei der Entscheidung zur Adoption von Güllefeststoffen als Gärsubstrat hinweisen. Viel wichtiger sind hingegen die Konstrukte „Erfahrung“, politischer Druck („Auflagen EEG“) und das Zusammenspiel von „Innovationsbereitschaft“, „unternehmerischem Handeln“ und „Risikofreudigkeit“.

Die geringe Bedeutung der sozialen und kognitiv-instrumentellen Konstrukte in dieser Studie ist überraschend. Daher erscheint es sinnvoll, die Bedeutung dieser und möglicher anderer Konstrukte in weiteren Studien genauer zu erforschen und in dem Zusammenhang alternative Messmodelle, z.B. die UTAUT (VENKATESH et al., 2003), auf ihre Eignung zu überprüfen. Ferner ist bei der Interpretation der Daten zu bedenken, dass die Datenerhebung im Frühjahr 2014 erfolgte. Zu diesem Zeitpunkt waren sowohl die seinerzeit anstehende Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes als auch der Düngeverordnung noch in der Diskussion. Für Biogasanlagenbetreiber sind jedoch beide Novellierungen bedeutsam. Es wäre daher interessant, in zukünftigen Studien zu prüfen, ob sich die Einstellungen der Biogasanlagenbetreiber und deren Nutzungsabsichten in Bezug auf Güllefeststoffe nach Abschluss der beiden Novellierungen verändert haben. Zukünftige Untersuchungen könnten zudem dazu genutzt werden, die Stichprobe zu vergrößern und ihre Repräsentativität zu verbessern.

Literatur

- AGARWAL, R. und J. PRASAD (1997): The role of innovation characteristics and perceived voluntariness in the acceptance of information technologies. In: *Decision Science* 28 (3): 557-582.
- (1998): A Conceptual and Operational Definition of Personal Innovativeness in the Domain of Information Technology. In: *Information Systems Research* 9 (2): 204-215.
- AJZEN, I. (1988): *Attitudes, Personality, and Behavior*. Open University Press, Berkshire, England.
- (1991): The Theory of Planned Behavior. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50 (2): 179-211.

- (2002): Perceived behavioral control, self-efficacy, locus of control, and the theory of planned behavior. In: *Journal of Applied Social Psychology* 32 (4): 665-683.
- AJZEN, I. und M. FISHBEIN (1980): *Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- ALBERS, D. (2010): Möglichkeiten und Nutzen der Gülleseparation in Milchviehbetrieben. In: <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/1/nav/1092/article/14252.html>. Abruf: 14.08.2012.
- ALBERSMEIER, F. und A. SPILLER (2010): Die Reputation der Fleischwirtschaft: eine Kausalanalyse. In: *German Journal of Agricultural Economics* 59 (4): 258-270.
- 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.
- BAMBERG, S. und P. SCHMIDT (1999): Die Theorie des geplanten Verhaltens von Ajzen – Ansätze zur Reduktion des motorisierten Individualverkehrs in einer Kleinstadt. In: *Umweltpsychologie* 3 (2): 24-33.
- BANDURA, A. (2004): *Observational Learning*. In: Byrne, J.H. (Hrsg.): *Learning and Memory*. 2. Auflage. Macmillan, New York: 482-484.
- BARON, R.M. und D.A. KENNEY (1986): The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, and Statistical Considerations. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 54 (6): 1173-1182.
- 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.
- BLIEMEL, F. (2005): *Handbuch PLS-Pfadmodellierung – Methode, Anwendung, Praxisbeispiele*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- BORRIS, J. und S. MAART-NÖLCK (2013): Investition in Biogas: ja oder nein? - Eine qualitative Analyse von Entscheidungsgründen landwirtschaftlicher Betriebsleiter. In: *Berichte über Landwirtschaft* 91 (1): 1-22.
- BRAUCKMANN, H.-J. und G. BROLL (2013): Biogaserträge der Rindergüllefeststoffe. Vortrag im Rahmen des Praxisforums „Gülleseparation“ am 02.07.2013 in Rodenkirchen.
- BRAUCKMANN, H.-J., J. HERING und G. BROLL (2014): Nährstoffgehalte und Biogaserträge separierter Gülle. In: Guenther-Lübbers et al. (Hrsg.): *Nährstoffmanagement von Wirtschaftsdüngern und Gärresten – Ökonomie, Ökologie, Technik und Logistik*. Cuvillier Verlag, Göttingen: 43-56.
- BRAUCKMANN, H.-J., A. HOTHAN und G. BROLL (2011): Biogaspotential der festen Güllefraktion. Vortrag im Rahmen des Workshops „Gülleseparation“ am 17.02.2011 in Vechta.
- BÜRG, O. und H. MANDL (2004): Akzeptanz von E-Learning in Unternehmen. Forschungsbericht Nr. 167. Department Psychologie, Institut für Pädagogische Psychologie, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- CHIN, W.W. (1998a): The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling. In: Marcoulides, G. (Hrsg.): *Modern Business Research Methods*. Lawrence Erlbaum Associates Publisher, Mahwah, New Jersey: 295-336.
- (1998b): Issues and Opinion on Structural Equation Modeling. In: *Management Informations Systems Quarterly* 22 (1): 7-16.
- CLABEN, K. (2013): *Zur Psychologie von Technikakzeptanz im höheren Lebensalter: Die Rolle von Technikgenerationen*. Dissertation. Universität Heidelberg.
- COHEN, M.D., J.G. MARCH und J.P. OLSEN (1972): A garbage can model for organizational choice. In: *Administrative Science Quarterly* 17 (1): 1-25.
- CRASK, M.R. und W.D. PERREAULT (1977): Validation of discriminant analysis in marketing research. In: *Journal of Marketing Research* 14 (1): 60-68.
- DAVIS, F.D. (1986): *A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-user Information Systems: Theory and Results*. Dissertation. Institute of Technology, Sloan School of Management, Cambridge, MA.
- (1989): Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. In: *MIS Quarterly* 13 (3): 319-340.
- DIEDERICHS, M. (2010): *Risikomanagement und Risikocontrolling*. Vahlen, München.
- DÖHLER, H., S. HARTMANN und H. ECKL (2007): Kosten der Energiepflanzenbereitstellung. In: *Energiepflanzen im Aufwind. Wissenschaftliche Ergebnisse und praktische Erfahrungen zur Produktion von Biogaspflanzen und Feldholz*. Bornimer Agrartechnische Berichte 61. Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
- EMMANN, C.H., L. ARENS und L. THEUVSEN (2013): Individual Acceptance of the Biogas Innovation: A Structural Equation Model. In: *Energy Policy* 62 (C): 372-378.
- EMMANN, C.H., C.H. PLUMEYER und L. THEUVSEN (2012): *Projektendbericht: Einfluss der Biogasproduktion auf den Landpachtmarkt in Niedersachsen*. In: http://www.ml-niedersachsen.de/portal/live.php?article_id=59604&navigation_id=1372&_psmand=7. Abruf: 02.05.2014.
- FACHVERBAND BIOGAS E.V. (2014): *Branchenzahlprognose für die Jahre 2014 und 2015*. In: [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). Abruf: 15.04.2015.
- FISHBEIN, M. und I. AJZEN (1975): *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Addison-Wesley, London.
- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) (2013): *Entwicklung der Maisanbaufläche in Deutschland. Informationsgrafik*. In: <http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie/biogas/entwicklung-der-maisanbaufläche-in-deutschland.html>. Abruf: 19.08.2014.
- (2014a): *Massebezogener Substrateinsatz in Biogasanlagen 2013. Informationsgrafik*. In: <http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie/biogas/masse-bezogener-substrateinsatz-in-biogasanlagen.html>. Abruf: 19.08.2014.
- (2014b): *Massebezogener Substrateinsatz nachwachsender Rohstoffe in Biogasanlagen 2013. Informationsgrafik*.

- In: <http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie/biogas/massebezogener-substrateinsatz-nach-wachsender-rohstoffe-in-biogasanlagen.html>. Abruf: 19.08.2014.
- FORNELL, C. und D.F. LARCKER (1981): Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. In: *Journal of Marketing Research* 18 (1): 39-50.
- FRAMBACH, R.T. und N. SCHILLEWAERT (2002): Organizational Innovation Adoption: A Multi-level Framework of Determinants and Opportunities for Future Research. In: *Journal of Business Research* 55 (2): 163-176.
- FUCHS, A. (2011): Methodische Aspekte linearer Strukturgleichungsmodelle - Ein Vergleich von kovarianz- und varianzbasierten Kausalanalyseverfahren. *Research Papers on Marketing Strategy*, No. 2/2011. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- GÖTZ, O. und K. LIEHR-GOBBER (2004): Analyse von Strukturgleichungsmodellen mit Hilfe der Partial-Least-Squares (PLS)-Methode. In: *Die Betriebswirtschaft* 64 (6): 714-738.
- GUENTHER-LÜBBERS, W. et al. (2015): „Bauernhof Niedersachsen“: Nachhaltige Biomassenutzung in Biogasanlagen auf der Grundlage der Wirtschaftsdüngerpotenziale in Niedersachsen. Bericht für das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung. Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung, Hannover.
- HABERMANN, H. und G. BREUSTEDT (2011): Einfluss der Biogaserzeugung auf landwirtschaftliche Pachtpreise in Deutschland. In: *German Journal of Agricultural Economics* 60 (2): 85-100.
- HAHN, C. (1997): Conjoint- und Choice-Analyse als Verfahren zur Abbildung von Präferenzstrukturen und Produktauswahlentscheidungen: Ein theoretischer und computergestützter empirischer Vergleich. Lit-Verlag, Münster.
- HAIR, J.F., W.C. BLACK, B.J. BABIN und R.E. ANDERSON (2010): *Multivariate Data Analysis*. 7. Auflage. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- HEIBENHUBER, A. und S. BERENZ (2006): Energieproduktion in landwirtschaftlichen Unternehmen. In: DARNHOFER, I. et al. (Hrsg.): *Alternative Strategien für die Landwirtschaft*. Facultas Universitätsverlag, Wien: 135-144.
- HEYDER, M., L. THEUVSEN und T. HOLLMANN-HESPOS (2012): Investments in Tracking and Tracing Systems in the Food Industry: A PLS Analysis. In: *Food Policy* 37 (1): 102-113.
- HIEBERT, L.D. (1974): Risk, Learning and the Adoption of Fertilizer Responsive Seed Varieties. In: *American Journal of Agricultural Economics* 56 (4): 764-768.
- HÖHER, G.C. (2014): Landwirtschaftliche Biogaserzeugung in Niedersachsen: Systemdienstleistungen durch Biogas und Synergien in der Landwirtschaft. In: Guenther-Lübbers, W. et al. (Hrsg.): *Nährstoffmanagement von Wirtschaftsdüngern und Gärresten – Ökonomie, Ökologie, Technik und Logistik*. Cuvillier Verlag, Göttingen: 1-8.
- HOTHAN, A., H.-J. BRAUCKMANN und G. BROLL (2013): Influence of Storage on Methane Yields of Separated Pig Slurry Solids. In: *Biomass and Bioenergy* 52 (Mai): 166-172.
- HUBER, F., A. HERMANN, F. MEYER, V. JOHANNES und K. VOLLHARDT (2007): *Kausalmodellierung mit Partial Least Squares. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Springer Gabler, Wiesbaden.
- IHL, C., M. MÜLLER, F. PILLER und R. REICHWALD (2006): Kundenzufriedenheit bei Mass Customization: Eine empirische Untersuchung zur Bedeutung des Co-Design-Prozesses aus Kundensicht. In: *Die Unternehmung* 59 (3): 165-184.
- INDERHEES, P. (2007): *Strategische Unternehmensführung landwirtschaftlicher Haupterwerbsbetriebe: Eine Untersuchung am Beispiel Nordrhein-Westfalens*. Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen.
- JAHN, G. (2006): *Qualitätssicherungssysteme in der Ernährungswirtschaft*. Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen.
- JAKOBS, E.-M., K. LEHNEN und M. ZIEFLE (2008): *Alter und Technik – Studie zu Technikkonzepten, Techniknutzung und Technikbewertung älterer Menschen*. Apprimus Verlag, Aachen.
- KOWALEWSKY, H.H. (2009): *Güllefeststoffe in Biogasanlagen einsetzen - Überprüfung der Separierung und Vergärung*. Unveröffentlichter Bericht.
- LANDWIRTSCHAFTSVERLAG MÜNSTER (Hrsg.) (2013): *agrar Mediafacts – Kommunikation mit der Landwirtschaft*. Landwirtschaftsverlag, Münster. In: http://www.lv.de/agrarmediaservice/bilder/agrima_pdf/AgriMA_2013.pdf?catalogId=8026. Abruf: 14.05.2014.
- LIEBE, U., S.C. MAART, O. MÜBHOFF und P. STUBBE (2012): Risikomanagement in landwirtschaftlichen Betrieben: Eine Analyse der Akzeptanz von Wetterversicherungen mit Hilfe von Discrete-Choice-Experimenten. In: *German Journal of Agricultural Economics* 61 (2): 63-79.
- MILLER, K. (2005): *Communication Theories: Perspectives, Processes, and Contexts*. McGraw-Hill, New York.
- MOORE, G.C. und I. BENBASAT (1991): Development of an Instrument to Measure the Perceptions of Adopting an Information Technology Innovation. In: *Information Systems Research* 2 (3): 192-222.
- MÜLLER, C. (2003): *(De-)Regulierung und Unternehmertum: Eine ökonomisch-politisch-historische Analyse und Modellentwicklung*. Habilitationsschrift. Universität St. Gallen.
- MÜBHOFF, O. und N. HIRSCHAUER (2011): *Modernes Agrarmanagement – Betriebswirtschaftliche Analyse- und Planungsverfahren*. 2. Auflage. Vahlen, München.
- NITZL, C. (2010): Eine anwendungsorientierte Einführung in die Partial Least Square (PLS)- Methode. In: Hansmann, K.-W. (Hrsg.): *Industrielles Management*. Arbeitspapier Nr. 21. Universität Hamburg.
- NUNNALLY, J.C. (1978): *Psychometric Theory*. McGraw-Hill, New York.
- O.V. (2012): *Akzeptanz von Biogasanlagen - Hintergrund, Analyse und Empfehlungen für die Praxis*. Herausgeber: Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT und Forschungsgruppe Umweltpsychologie (FG-UPSY), Universität des Saarlandes. In: <http://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/OE200energie/120410-akzeptanz-biogasanlagen.pdf>. Abruf: 27.04.2014.
- SCHAPER, C., H. BRONSEMA und L. THEUVSEN (2012): *Betriebliches Risikomanagement in der Landwirtschaft*

- eine empirische Analyse in Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern. Heft 36 der Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Dresden.
- SCHAPER, C., B. LASSEN und L. THEUVSEN (2010a): Risk Management in Milk Production: A Study in Five European Countries. In: *Food Economics – Acta Agriculturae Scandinavica*, Section C, 7 (2): 56-68.
- SCHAPER, C., A. SPILLER und L. THEUVSEN (2010b): Risiko- neigung und Risikoverhalten von Milcherzeugern: Eine Typologisierung. In: *Yearbook of Socioeconomics in Agriculture* 3: 157-193.
- SCHNELL, M. (2009). Einführung in die Akzeptanzfor- schung am Beispiel von Web-TV. In: *WissenHeute* 2009/1: 4-12.
- SCHOEMARKER, P.J.H. (2007): Strategic decisions in organ- izations: rational and behavioral views. In: *Journal of Management Studies* 30 (1): 107-129.
- SCHÖNE, F. (2011): Auswirkungen des zunehmenden Ener- giepflanzenanbaus auf die biologische Vielfalt. Vortrag im Rahmen der Konferenz „Anspruch der Bioenergie an die EEG-Novellierung“ am 17.02.11 in Berlin.
- SCHÜSSELER, P. (2008): Zielsetzung des Fachgesprächs „Messen, Steuern, Regeln bei der Biogaserzeugung“. In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): *Gülzower Fachgespräche - Messen, Steuern, Regeln bei der Biogaserzeugung*. Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek Hannover und Fachagen- tur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow, Band 27: 8-16.
- SHEERAN, P., S. ORBELL und D. TRAFIMOW (1999): Does the Temporal Stability of Behavioural Intentions Mod- erate Intention-Behaviour and Past Behaviour-Future Behaviour Relations? In: *Personality and Social Psy- chology Bulletin* 25 (6): 721-730.
- SOBEL, M. E. (1982): Asymptotic Confidence Intervals for Indirect Effects in Structural Equation Models. In: *Socio- logical Methodology* 13 (1982): 290-312.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2014): *Land- und Forstwirt- schaft, Fischerei – Arbeitskräfte 2013 – Agrarstruk- turerhebung*. Fachserie 3, Reihe 2.1.8. Wiesbaden.
- TAYLOR, S. und P.A. TODD (1995): Understanding Infor- mation Technology Usage: A Test of Competing Mo- dels. In: *Information Systems Research* 6 (2): 144-176.
- THEUVSEN, L., C.-H. PLUMEYER und C.H. EMMANN (2010): Einfluss der Biogasproduktion auf den Landpachtmarkt in Niedersachsen. Bericht für das Niedersächsische Mi- nisterium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucher- schutz und Landesentwicklung. Niedersächsische Mi- nisterium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucher- schutz und Landesentwicklung, Hannover.
- VENKATESH, V. und F.D. DAVIS (2000): A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. In: *Management Science* 46 (2): 186-204.
- VENKATESH, V., M.G. MORRIS, F.D. DAVIS und G.B. DA- VIS (2003): User Acceptance of Information Technolo- gy: Toward a Unified View. In: *Management Informa- tions Systems Quarterly* 27 (3): 425-478.
- VENNEMANN, H. und L. THEUVSEN (2004): Landwirte im Internet: Erwartungen und Nutzungsverhalten. In: Schie- fer, G., P. Wagner, M. Morgenstern und U. Rickert (Hrsg.): *Referate der 25. GIL-Jahrestagung in Bonn*: 241-244.
- VOSS, J., C. SCHAPER, A. SPILLER und L. THEUVSEN (2009a): Innovationsverhalten in der deutschen Land- wirtschaft - Empirische Ergebnisse am Beispiel der Bi- ogaserzeugung. In: *Schriften der Gesellschaft für Wirt- schafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.* 44: 379-391.
- VOSS, J., A. SPILLER und U. ENNEKING (2009b): Zur Akzep- tanz von gentechnisch verändertem Saatgut in der deut- schen Landwirtschaft. In: *German Journal of Agricul- tural Economics* 58 (3): 155-167.
- WANG, X. (2006): *Guilt, Media Exposure and Physical Activity: Extending the Theory of Planned Behavior*. Electronic Theses, Treatises and Dissertations. Paper 1255. Florida State University Libraries, Tallahassee, Florida.
- WEIBER, R. und D. MÜHLHAUS (2014): *Strukturgleichungs- modellierung: Eine anwendungsorientierte Einführung in die Kausalanalyse mit Hilfe von AMOS, SmartPLS und SPSS*. 2. Auflage. Springer Gabler, Wiesbaden.
- ZSCHACHE, U., S. VON CRAMON-TAUBADEL und L. THEUVSEN (2010): Öffentliche Deutungen im Bioenergie- diskurs: eine qualitative Medienanalyse. In: *Berichte über Land- wirtschaft* 88 (3): 502-512.

Danksagung

Der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) danken wir für die finanzielle Unterstützung.

Kontaktautor:

PROF. DR. LUDWIG THEUVSEN

Georg-August-Universität Göttingen

Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung

Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen

E-Mail: theuvsen@uni-goettingen.de

Anhang

Tabelle 5. Beschreibung der Konstrukte - inkl. Faktorladungen

Konstrukt	R ²	Statements	Faktorladung*	Mittelwert	Standardabweichung
Auflagen EEG	**	Der EEG zwingt mich zu Veränderungen bei der Gärsubstratzusammenstellung.	0,854	3,505	1,057
		Die anstehende Novellierung des EEG veranlasst mich, über den Einsatz alternativer Gärsubstrate nachzudenken.	0,746	3,038	1,184
		Das EEG schränkt meinen Anbauplan für Energiepflanzen ein.	0,786	3,533	1,136
Erfahrung	**	Ich kenne einen Betrieb, der Feststoffe vergärt.	1,000	3,500	1,468
Image	0,614	Als Biogasanlagenbetreiber muss ich mich mit sinkender Akzeptanz seitens der Gesellschaft auseinandersetzen.	0,912	2,000	0,951
		Biogas hat ein schlechtes Image in der Bevölkerung.	0,847	2,514	0,931
Innovationsbereitschaft	0,332	Ich bin immer auf der Suche nach weiteren Entwicklungsmöglichkeiten für meinen Betrieb.	0,754	1,650	0,572
		Neue Produktionstechniken und Technologien interessieren mich.	0,832	1,653	0,591
		Ich lege Wert darauf, bei Innovationen schnell mit dabei zu sein.	0,820	2,441	0,907
		Der Computer ist für mich ein alltäglicher Begleiter.	0,618	1,573	0,651
		Ich nutze das Smartphone häufig für betriebliche Zwecke.	0,601	2,436	1,299
Kritik aus der Bevölkerung	**	Biogasanlagenbetreiber sind zunehmend der öffentlichen Kritik ausgesetzt.	0,909	1,752	0,769
		Der Druck seitens Dritter (Bevölkerung; Lobbyverbände,...) an die Biogaserzeuger ist größer geworden.	0,901	1,952	0,859
Nutzungsabsicht	0,527	Ich denke darüber nach, Feststoffe in meiner Biogasanlage einzusetzen.	0,902	2,714	1,246
		Ich beabsichtige, in der nächsten Zeit Feststoffe in meiner Biogasanlage einzusetzen.	0,896	3,295	1,200
Nutzungsverhalten	0,680	Für meine Biogasanlage liegen schon konkrete Planungen zum Einsatz von Feststoffen vor.	1,000	3,837	1,323
Risikofreudigkeit	**	Ich bin bereit, Risiken einzugehen, um meinen Betrieb voranzubringen.	1,000	2,175	0,797
Sichtbare Effekte	**	Die Vergärung von Feststoffen reduziert den Substratbedarf an NawaRos.	0,706	1,827	0,769
		Die Vergärung von Feststoffen ermöglicht mir eine flexiblere Anbauplanung.	0,906	2,495	1,001
		Gärreste aus der Feststoffvergärung können Mineraldünger ersetzen.	0,634	2,105	0,909
Unternehmerisches Handeln	0,241	Ich passe meinen Betrieb den Anforderungen des Marktes an.	1,000	1,970	0,674
Wissen über Ergebnisse	**	Ich kann Aussagen über Kosten und Nutzen der Feststoffvergärung machen.	1,000	1,827	1,022
WKosten	**	Wenn der Einsatz von Feststoffen wirtschaftlich ist, würde ich Feststoffe in meiner Biogasanlage einsetzen.	1,000	1,846	0,879
WNutzen	0,434	Für mich erbringt die Feststoffvergärung einen Zusatznutzen.	1,000	2,728	1,068

Abfrage der Statements erfolgt über eine 5-stufige Likert-Skala (1=stimme voll und ganz zu bis 5= stimme überhaupt nicht zu).

* Gütemaß zur Messung der Indikatorreliabilität, ** exogenes Konstrukt, daher keine Berechnung des R²

Quelle: eigene Darstellung