

## Alternative Energiequellen

### Biogas aus pflanzlichen Presssäften – Alternative Energiequelle aus Hessen?

Hessische Landesregierung fördert Nutzungskonzepte zur Bioenergiegewinnung

**Vortragsveranstaltung im Landwirtschaftszentrum Eichhof in Bad Hersfeld, November 2006**

Harald Schaaf

Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (LHL), Standort Kassel, Am Versuchsfeld 13, D-34128 Kassel ([poststelle.lufa@lhl-wi.hessen.de](mailto:poststelle.lufa@lhl-wi.hessen.de))

DOI: <http://dx.doi.org/10.1065/uwsf2007.01.161>

#### Auf einen Blick (Übersicht)

Die Nutzung erneuerbarer Energien ist ein nicht mehr wegzudenkender Bestandteil derzeitiger und künftiger Energiekonzepte. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Bioenergie zum Beispiel in Form von Biogas, das in Strom und Wärme umgewandelt werden kann. Der Biogasproduktion prognostiziert man daher die höchsten Zuwachsraten. Bei einer Veranstaltung im Landwirtschaftszentrum Eichhof in Bad Hersfeld zum Thema 'Biogasgewinnung aus Presssäften – Eine Alternative zu herkömmlichen Verfahren' unterstrich Ministerialdirigentin Dr. Anna Runzheimer vom Hessischen Landwirtschaftsministerium die Bedeutung der Bioenergie im Energiekonzept der Hessischen Landesregierung. Innovative Verfahren zur besseren Nutzung der vorhandenen Ressourcen, so Runzheimer in ihrer Begrüßungsrede, erhöhten das Energieangebot.

Die Möglichkeiten der Effizienzsteigerung von Biogasanlagen sind derzeit Thema mehrerer Projektarbeiten, die im Eichhof vom Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (LHL) bearbeitet werden. Ein in Zusammenarbeit mit der Universität Kassel-Witzenhausen weiterentwickeltes Verfahren war Gegenstand der hochkarätig besetzten Vortragsveranstaltung. Es wurden die Ergebnisse gärbioologischer Untersuchungen vorgestellt, die von Studenten der Universität im Eichhoflabor durchgeführt worden sind. Im vollbesetzten Hörsaal führte der Direktor des LHL, Prof. HUBERTUS BRUNN, die zahlreichen Gäste aus Wissenschaft, Industrie, Politik und Verwaltung durch das Programm.

#### Die Rolle der Biomasse in zukünftigen Energieversorgungsstrukturen – Prognose und Lösungsstrategien

In seinem Plenarvortrag zur Rolle der Biomassenutzung in künftigen Energieversorgungsstrukturen beschrieb Dr. BERND KRAUTKREMER vom Institut für Solare Energietechnik in Hanau die technischen Möglichkeiten der Nutzung der Biogasenergie, insbesondere die Bedeutung einer möglichen Stromspeisung in die elektrischen Niederspannungsnetze. Gerade die kürzlich aufgetretenen Störungen im Hochspannungssystem hätten die Bedeutung einer dezentralen Regionalversorgung deutlich gemacht, so Krautkremer.

#### Effizienzsteigerung der Biomassenutzung durch Trennung der Stoffflüsse – Überblick über das System

Das so genannte Scheffer'sche Verfahren zur Biomasseverwertung wurde von dem Verfahrenserfinder persönlich vor-

gestellt. Dabei handelt es sich um die Vergärung von Presssaft, weshalb, so Prof. KONRAD SCHEFFER, sämtliches Pflanzenmaterial als Ausgangssubstrat in Betracht komme. Aus dem Saft entsteht Biogas, und dieses kann in einem Blockheizkraftwerk in Strom und Wärme umgewandelt werden. Mit der dabei entstehenden Prozesswärme wird der zurückbleibende Presskuchen getrocknet und kann z.B. als holzähnliche Pellets weiter verwertet werden.

#### Mechanische Entwässerung – Brennstoffqualität und Markteinführung

Wie die Stoffverteilung nach der Separation aussieht wurde von JÜRGEN REULEIN dargestellt. Der größte Teil der Pflanzennährstoffe steht demnach nach der Vergärung den Pflanzen wieder als Dünger zur Verfügung.

JOHANN GÖTZ von der Firma Get Project stellte anschließend eine geplante Biogas-Großanlage zur Erzeugung von Strom und Pellets vor, die in Nordhessen errichtet werden soll.

#### Messung von Ertrags- und Verfahrensparametern mit dem LHL-Verfahren – Überblick über Versuchstätigkeiten

Die notwendigen gärbioologischen Untersuchungen wurden im Eichhoflabor durchgeführt. Laborleiter WALTER ZERR<sup>1</sup> stellte das kürzlich zum Patent angemeldete System des LHL zur Messung der wichtigsten Gärparameter sowie die derzeit laufenden Projekte vor.

#### Gaserträge und Fermenterdynamik beim anaeroben Abbau von Presssäften (Lutz Bühle) Auswirkungen von Festbettmaterialien im Fermenter bei der Presssaftvergärung (Daniel Günther)

Mit Hilfe des 'Eichhofverfahrens' haben LUTZ BÜHLE und DANIEL GÜNTHER, beide Studenten der Universität Kassel, auf dem Eichhof Messungen zur Gärgeschwindigkeit und zum Ertrag durchgeführt. Auch die Fixierung von biogenem Material im Reaktor war Gegenstand ihrer Untersuchungen.

#### Potenziale der Brennstoffproduktion auf Grenzertragsstandorten – Erhaltung schützenswerter Grünlandgesellschaften

Prof. MICHAEL WACHENDORF von der Uni Kassel berichtete in seinem Vortrag, dass bisher Erntematerial von Grünland-

<sup>1</sup> Zerr W (2006): Versuchsanlage zur energetischen Beurteilung von Substraten und Kofermentaten für Biogasanlagen. UWSF – Z Umweltchem Ökotox 18 (4) 219–227

standorten, wie zum Beispiel Wiesen und Weiden, bisher nur bedingt für die Biogasproduktion verwendet werden kann. Dies trifft besonders auf die in der Regel spät beernteten geschützten Flächen zu. Pflegeschritte seien aber, so Wachen-dorf, zur Erhaltung des Biotops und der damit verbundenen Artenvielfalt unumgänglich.

#### **Ökonomische Bewertungen und Aussichten der Biogasgewinnung aus Presssäften – Erhaltung der Kulturlandschaft**

Die Nutzung dieses Materials kann, so stellte es anschließend auch Prof. DETLEV MÖLLER dar, Universität Kassel, eine Mög-

#### **Im Einzelnen (Zusammenfassungen)**

## Die Rolle der Biomasse in zukünftigen Energieversorgungsstrukturen

### Prognose und Lösungsstrategien

**Dr.-Ing. Bernd Krautkremer**

Institut für Solare Energieversorgungstechnik, Bereich Energetische Biomassenutzung, Rodenbacher Chaussee 6, D-63457 Hanau ([bkrautkremer@iset.uni-kassel.de](mailto:bkrautkremer@iset.uni-kassel.de))

Bedingt durch die vielfältigen Erscheinungsformen von Biomasse (Holz, Stroh, Grünpflanzen, stärkehaltige Pflanzen, ölhaltige Pflanzen, usw.), ihre Speicherfähigkeit und durch die Möglichkeit, sie in die unterschiedlichsten Energieformen und -träger wandeln zu können (Biogas, Synthesegas, Pflanzenöl, Biodiesel, Holzpellets, usw.), ist Biomasse unbestreitbar das Multitalent unter den regenerativen Energien. Unbestreitbar ist sicher auch, dass sich die energetische Nutzung von Biomasse bereits zu einem beachtlichen Grade in unseren Energieversorgungsstrukturen etabliert hat und nicht mehr weg zu diskutieren ist.

Eine oft zitierte aber selten genutzte Eigenschaft der Bioenergie ist ihre (prinzipielle) Speicherbarkeit. Hier können Bioenergiesysteme in zukünftigen Energieversorgungsstrukturen eine wichtige Rolle zur Sicherung einer stabilen Energieversorgung leisten und die Probleme, die durch dargebotsabhängige regenerative Energie (Wind, Sonne) hervorgerufen werden, deutlich mildern.

Die Vielseitigkeit des Einsatzes von Biomasse zieht jedoch auch Probleme nach sich. So ist häufig zu beobachten, dass es Bioenergiesystemen an Effizienz mangelt. Dabei ist die Frage nach der Effizienz sehr differenziert zu betrachten. Es gilt sie hinsichtlich der Energieausbeute, der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen, dem Stellenwert der Zielenergieform, der Wirtschaftlichkeit und einiger anderer Parameter zu untersuchen. Heute oftmals zum Einsatz kommende Einzelanlagen sind meist auf eine Zielenergieform ausgerichtet und nicht in die Versorgungs-

strukturen anderer Energieformen eingebunden (Verstromung von Biogas ohne Wärmenutzung). Andererseits kommen die Eigenschaft der Speicherbarkeit von Biomasse und die damit einhergehende Eignung zur bedarfsgerechten Bereitstellung von Energie heute kaum zum Tragen.

#### **Brennstoffe aus Biomasse-Verwertungstechnik und Emissionsrecht**

Aus einem ganz anderen Blickwinkel referierte Schornsteinfegermeister UWE PICKER von der Schornsteinfegerinnung Hessens zum Thema. Er erläuterte emissionsrechtliche Fragestellungen und wies auf die bei der Verbrennung von Feststoffen entstehenden möglichen Feinstaubpartikel hin.

strukturen anderer Energieformen eingebunden (Verstromung von Biogas ohne Wärmenutzung). Andererseits kommen die Eigenschaft der Speicherbarkeit von Biomasse und die damit einhergehende Eignung zur bedarfsgerechten Bereitstellung von Energie heute kaum zum Tragen.

Aus diesem Grund ist es notwendig, den Einsatz von Bioenergiesystemen in zukünftigen Energieversorgungsstrukturen auf die Erfüllung möglichst vieler Kriterien hin zu überprüfen, um eine Effizienzsteigerung in allen Bereichen erzielen zu können. Ein Werkzeug hierzu ist die systemtechnische Betrachtung der Konversionspfade. Hier wird im Gegensatz zur Auslegung einer einzelnen Anlage an einem gegebenen Standort eine Betrachtung der denkbaren Stoff-, Energie- und Informationsströme vorgeschaltet. Dies kann zu Lösungen führen, bei denen mittels einer optimierten Kombination der Verfahrensschritte deutlich bessere Nutzungsgrade erzielt werden können.

Ein gutes Beispiel hierzu ist sicherlich das 'Scheffersche Verfahren', bei dem durch eine sinnvolle Kombination von Biogasprozess und Pelletierung die verschiedenen Fraktionen pflanzlicher Biomasse dem jeweils passenden Prozess zugeführt werden. Neben weiteren Vorteilen handelt es sich hier um einen Gesamtprozess mit einer hohen energetischen und Flächen-Effizienz.

**Schlagwörter:** Bioenergie; Biogas; Biokraftstoffe; Stromerzeugung; Systemtechnik

## Effizienzsteigerung der Biomassenutzung durch Trennung der Stoffflüsse

### Überblick über das System

**Konrad Scheffer**

Großer Bruch 15, D-37133 Friedland ([k.scheffer@gmx.net](mailto:k.scheffer@gmx.net))

**Ziel der Arbeit.** Auf landwirtschaftlichen Nutzflächen sollen Energiepflanzen in großer Vielfalt angebaut und im Gegensatz zur ihrer herkömmlichen, wenig effizienten Nutzung in Biogasanlagen durch ein neues Verfahren in Strom und Brennstoff umgewandelt werden.

**Ergebnisse und Diskussion.** Zukünftig werden ca. ein Drittel der ackerbaulich genutzten Flächen Deutschlands für den

Anbau von Energiepflanzen zur Verfügung stehen. Diese Umwidmung des Ackerbaus in eine neue Dreifelderwirtschaft (Nahrung, Futter, Energie) beinhaltet die große Chance, zumindest das neue Drittel nach ökologischen Richtlinien, aber mit hohen Erträgen zu nutzen. Es sollten die Pflanzenartenvielfalt erhöht, Monokulturen durch Mischbau ersetzt, Bodenerosion vermieden, das Trinkwasser durch Vermeidung von Nitrat- und

Pestizideinträgen geschützt werden. Neben der Steigerung der ökologischen und ökonomischen Effizienz beim Anbau der Biomasse muss im gleichen Maße die Nutzungseffizienz der Biomasse gesteigert werden. Gegenwärtig liegt diese unter Zugrundelegung der Gesamtpflanze zwischen ca. 10% (Biodiesel, Ethanol) und ca. 40% (Strom und Wärme aus Biogas). Lediglich die direkte Verbrennung von trockenem Holz führt zu höherer Effizienz. Energiepflanzenproduktion auf dem Acker beinhaltet die Chance hoher Massenerträge mit einer Vielzahl von Pflanzenarten. Dies setzt aber voraus, dass die Pflanzenarten nicht unter dem Aspekt höchster Biogasausbeuten, was die Gefahr von Maismonokulturen in sich birgt, ausgewählt werden müssen. Ein neues System der Trennung der Stoffflüsse ist von Pflanzenart, Erntezeitpunkt und Inhaltsstoffen der Energiepflanzen weitgehend unabhängig. Somit können ganz neue Anbaukonzepte entwickelt werden, die o.g. ökologische Forderungen bei höchster Produktivität weitgehend erfüllen. Für Ackerstandorte mit guten Bodenqualitäten und ausreichenden Niederschlägen wurde dafür das System der Zweikulturnutzung entwickelt. Bislang wird die feucht konservierte Biomasse allein oder als Zusatz zu Gülle in Biogasanlagen verwertet. Wesentliche Nachteile dieser Technik bestehen in hohen Verfahrenskosten für aufwändige Rührtechnik und für die langen Verweilzeiten im Fermenter, in unzureichender Energieausbeute aus der Silage, in der Begrenzung auf wenige Pflanzenarten (hauptsächlich Mais) und in der Gefahr, dass bei jährlich steigenden Biomassepreisen die Rentabilität der Anlagen auf Grund der festgeschriebenen Einspeisevergütung für Strom gefährdet ist. Neben Ertragssteigerungen beim Anbau der Biomasse muss nach

Wegen gesucht werden, die Effizienz der Energieausbeute aus Biomasse bei niedrigeren Verfahrenskosten zu steigern. Dies geschieht durch ein neues Verfahren: Die Silage aus der Vielfalt der Energiepflanzen wird durch einen mechanischen Entwässerungsprozess in zwei Fraktionen aufgetrennt. Es entstehen ein mit leicht löslichen organischen Inhaltsstoffen befrachteter Presssaft und ein überwiegend aus Rohfaser bestehendes Pressgut. Ein verfahrensbedingter Vorteil dieses Trennungsvorganges liegt in dem überproportionalen Austrag von Mineralstoffen aus dem Brennstoff, die bis zu 90% in den Presssaft überführt werden. Der Presssaft wird in einer Biogasanlage verwertet. Da in ihm nur leicht abbaubare Biomasse enthalten ist, reduziert sich die Verweilzeit im Fermenter auf weniger als 10 Tage. Störanfällige und energieaufwändige Rührtechnik wird überflüssig. In einem BHKW wird aus Biogas Strom und Wärme. Die Wärme dient zur weiteren Trocknung des Pressgutes. Aus dem Pressgut werden Pellets hergestellt, deren Produktionskosten weit unter denen von Holzpellets liegen. Neben der Unabhängigkeit von der Pflanzenqualität besteht auch Unabhängigkeit vom Standort, weil die Abwärme des BHKW intern genutzt wird.

**Schlussfolgerungen und Ausblick.** Mit dem neuen Biomasse-nutzungskonzept wird die Konversionseffizienz auf ca. 70% gesteigert. Nur mit hohen Nettoenergieerträgen pro Flächeneinheit kann das Ziel einer Energiewende erreicht werden, weil die Nutzfläche den begrenzenden Faktor darstellt.

**Schlagwörter:** Energiepflanzen; Flächenproduktivität; Konversions-effizienz; Pellets; Zweikulturnutzung

## Mechanische Entwässerung – Brennstoffqualität und Markteinführung

Jürgen Reulein

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe (GNR), Fachbereich 11 Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel-Witzenhausen, Steinstraße 19, D-37213 Witzenhausen (reulein@wiz.uni-kassel.de)

**Ziel der Arbeit.** Durch mechanische Entwässerung kann ein Brennstoff aus Biomasse (Silage) hergestellt werden, dem die brenntechnisch störenden Bestandteile entzogen werden. Die Energie zur Aufbereitung soll aus dem Beiprodukt Presssaft gewonnen werden. Zum einen sind für die Brennstoffqualitäten die Gehalte an Rohasche und Stickstoff im Presskuchen von Bedeutung, zum anderen wird über den Trockensubstanzgehalt im Presskuchen und über den Massenfluss von Trockenmasse, Asche und Stickstoff das Gesamtsystem energetisch und ökologisch dargestellt.

**Ergebnisse und Diskussion.** Silagen aus unterschiedlichen Pflanzenarten bringen bei gleichen Pressparametern unterschiedliche Entwässerungsergebnisse. 1) Durch die mechanische Entwässerung kann aus Maissilage mit einem TS-Gehalt von 25% ein Presskuchen mit durchschnittlich 45% TS erzeugt werden. Das bedeutet, dass durch diesen Prozess nahezu 60% des Rohwassers aus dem Ausgangsmaterial ausgetragen werden. Ganzpflanzsilage (GPS) aus Weizen erreicht im Presskuchen mit durchschnittlich 41% etwas geringere TS-Gehalte. 2) Aus Maissilage kann mit den untersuchten Methoden ein Brennstoff hergestellt werden, der Aschegehalte von ca. 2 bis 3,3% aufweist. Der Stickstoffgehalt im Ausgangsmaterial liegt bei ca. 1,3% und kann im Presskuchen auf durchschnittlich 0,9% N gesenkt werden. Von GPS aus Weizen mit einem Aschegehalt von 9,5% und einem N-Gehalt 1,5% kann ein Brennstoff mit durchschnittlich 6% XA und 0,8% N erzeugt werden. 3) Der Massenfluss

der organischen Trockenmasse in den Presssaft liegt bei Maissilage durchschnittlich bei 42% während Rohasche und Stickstoff zu etwa 75% bzw. zu 60% im der flüssigen Phase wieder gefunden werden. Von der Weizensilage gelangen ca. 17% der oTM in den Presssaft, einhergehend mit Massenflüssen für XA und N von jeweils ca. 55%.

**Schlussfolgerungen und Ausblick.** Durch mechanische Entwässerung wird ein Großteil des in Silagen enthaltenen Rohwassers ausgepresst. Um im Gesamtsystem einen lagerfähigen Brennstoff produzieren zu können muss die bei der Biogasverstromung anfallende Wärme zur weiteren Trocknung verwendet werden. Bei den für Mais dargestellten Pressergebnissen entsteht ein Wärmeenergiedefizit von ca. 15 kWh / t TM, welches durch Zufuehrung gedeckt werden müsste. Dafür müssten etwa 2% des entstandenen Brennstoffes aufgewendet werden. Durch technische Variation der Presse und durch Vorkonditionierung der Biomassen können aus allen Silagen Presskuchen mit TS-Gehalte von mehr als 50% hergestellt werden, wodurch der zusätzliche Eigenverbrauch an Brennstoff auch bei geringen möglichen Massenflüssen minimiert wird. Legt man die derzeitige Einspeisevergütung für Strom sowie einen Vergleichspreis von Holzpellets zu Grunde, so kann dieses Verfahren als eigenständiger Betrieb wirtschaftlich dargestellt werden.

**Schlagwörter:** Biogas; Biomasseaufbereitung; Biomasse; Biomassepellets; Brennstoff; Massenfluss; mechanische Entwässerung

## Messung von Ertrags- und Verfahrensparametern mit dem LHL-Verfahren

### Überblick über Versuchstätigkeiten

Walter Zerr

Landesbetrieb Hessisches Landeslabor, Standort Schloss Eichhof, D-36251 Bad Hersfeld ([hlva.Hersfeld@t-online.de](mailto:hlva.Hersfeld@t-online.de))

**Ziel der Arbeit.** Ziel der methodischen Arbeiten war es, ein Verfahren zu konzipieren, mit dem die wichtigsten Parameter zur Beurteilung eines Substrates oder eines Kofermentates sowohl im diskontinuierlichen, wie auch im kontinuierlichen Betrieb, unter praxisnahen Bedingungen kostengünstig zu bestimmen sind.

**Material und Methoden.** Die Gärversuche werden in verschraubbaren, 20 Liter fassenden Polyethylenbehältern mit Rührereinrichtung durchgeführt. Als Impfsubstrat wird Fermentergülle verwendet. Die Befüllung der leicht zu handhabenden Behälter geschieht außerhalb des Labors. Die eingesetzte Substratmenge von 15 Litern erlaubt die Untersuchung repräsentativer Silageproben in Häcksellänge. Zur Bestimmung des Biogasertragspotenzials und der Gärdynamik werden die täglichen Gasmengen in Aluminiumbags aufgefangen und Menge und Zusammensetzung bestimmt. Substratzugaben und Entnahmen zur Einstellung definierter Raumbelastungen und Verweilzeiten erfolgen durch einen Einlass mit Kugelhahn. Temperiert wird in Wasserbädern, die neben der 0-Variante und dem Standard, jeweils 8 bis 10 Behälter aufnehmen können.

**Ergebnisse und Diskussion.** Nach dem LHL-Verfahren werden seit zwei Jahren verschiedenartige Proben im Batch-Betrieb erfolgreich auf ihren Biogasertrag hin untersucht. In die-

ser Zeit hat auch die Erfassung der Gärdynamik sehr an Bedeutung gewonnen. Dies resultiert aus vielen Versuchsaufträgen mit dem Ziel durch Variation der Häcksellänge, durch Vermahlung, Ultraschall Behandlung oder die Anwendung reiner (Silage-) Presssäfte eine Effizienzsteigerung der Biogasanlagen zu erreichen. Mit dem LHL Verfahren ist eine genaue Differenzierung der Einflüsse einer Impfsubstrat- bzw. Kofermentatvorbehandlung auf den Gärverlauf möglich. Die Gärbehälter sind ausreichend dimensioniert, um mit vermahlenden Kofermentaten und Produkten aus Pressvorgängen verschiedene Faulraumbelastungen und Verweilzeiten beurteilen zu können. Für grob strukturierte Materialien werden größere Reaktoren gleicher Bauart verwendet. In den Kunststoffkorpus der Behälter können mit geringem Aufwand weiterer Entnahmetüllen oder Durchlässe für Messsonden zur Bearbeitung verschiedenster Fragestellungen installiert werden.

**Schlussfolgerungen und Ausblick.** Bei dem vorgestellten System handelt es sich um ein leicht zu handhabendes, variables und preiswertes Verfahren für die Biogassubstratuntersuchung. Es liefert Ergebnisse die in die Praxis übertragbar sind und kann daher auch als Kalibrationsgrundlage weniger aufwändiger Laborverfahren, wie das der Nahen-Infrarot-Spektroskopie, verwendet werden.

**Schlagwörter:** Analyseverfahren; Biogas; Biogasertragspotenzial; Faulraumbelastung; Gärdynamik; Verweilzeit

## Gaserträge und Fermenterdynamik beim anaeroben Abbau von Presssäften

Lutz Bühle

Kasseler Landstraße 32, D-37312 Witzenhausen ([lutzbuehle@gmx.de](mailto:lutzbuehle@gmx.de))

**Ziel der Arbeit.** In dieser Arbeit wurden anhand von Batch-Versuchen Gasertragspotenziale von Presssäften verschiedener Energiepflanzen-Silagen sowie das Gärverhalten bei der Presssaftvergärung im kontinuierlichen Reaktorbetrieb von Rührkessel- und Festbettfermentern untersucht.

**Ergebnisse und Diskussion.** 1) Hohe Methanausbeuten zwischen 450 und 500 Litern CH<sub>4</sub> pro kg organischer Trockensubstanz und Abbaugrade von über 90% erreichten Mais-Presssäfte, deren Ausgangsmaterialien zu einem physiologisch frühen Zeitpunkt geerntet wurden und Presssäfte aus Gras-Silagen. Vergleichsweise geringe Methanausbeuten zwischen 350 und 420 Litern CH<sub>4</sub> pro kg organischer Trockensubstanz und Abbaugrade von ca. 70% wiesen Presssäfte der Silagen aus Hanf und ölhaltiger Kulturen wie Phacelia-Senf-Gemenge oder Perko auf. Der Abbau der Presssäfte dauerte maximal 4 Tage. 2) Die Untersuchungen zum Gärverhalten im kontinuierlichen Betrieb im Rührkesselfermenter bei unterschiedlichen Verweilzeiten und steigenden Raumbelastungen haben gezeigt, dass lediglich bei geringen Raumbelastungen bis 2 g/(l\*d) und Verweilzeiten von mehr als 20 Tagen eine Vergärung möglich war. 3) Im kontinuierlichen Betrieb im Festbettreaktor konnte eine stabile Vergärung bei einer

Verweilzeit von 8 Tagen und geringen Raumbelastungen realisiert werden.

**Schlussfolgerungen und Ausblick.** Hinsichtlich des Biogasertragspotenzials hat sich der Presssaft als ein sehr geeignetes Substrat für Biogasanlagen erwiesen, da der Abbau nahezu vollständig und sehr schnell erfolgt. Der besonders gute Abbau der Presssäfte aus früh geernteten Energiepflanzen aufgrund besserer Massenflüsse beim Pressvorgang legt eine Kombination dieses Nutzungsverfahrens mit dem Bereitstellungskonzept der Zweikulturnutzung nahe, da hier die Pflanzen aufgrund verkürzter Anbaudauern früher geerntet werden. Bei der Verwertung der Presssäfte im kontinuierlichen Reaktorbetrieb hat sich durch den Einsatz eines Festbetts angedeutet, dass eine effiziente Vergärung bei niedrigen Verweilzeiten möglich ist. Weitere Forschungsfragen müssen sich mit der Eignung verschiedener Festbettmaterialien beschäftigen, die durch eine hohe Bakterienfixierung die Vergärung bei niedrigen Verweilzeiten und hohen Raumbelastungen möglich machen.

**Schlagwörter:** Abbaugrad; Biogas; Festbett; Gasertrag; Methan; Presssaft; Zweikulturnutzung

## Auswirkungen von Festbettmaterialien im Fermenter bei der Presssaftvergärung

Daniel Günther

Student ökologischer Agrarwirtschaft, Am Sande 1, D-37213 Witzenhausen ([danielguelwiz@yahoo.de](mailto:danielguelwiz@yahoo.de))

**Ziel der Arbeit.** Ziel der Untersuchung ist es, verschiedene Materialien auf ihre Festbetteignung im kontinuierlichen Betrieb der anaeroben Fermentation von Pflanzpresssäften zu prüfen.

**Material und Methoden.** Die Gärversuche werden in 30 Liter fassenden Spanndeckel-Fässern durchgeführt, die aufgrund des großen Durchmessers des Deckels einen einfachen Einbau der Festbetten ermöglichen. Um eine Perkolations des Substrates durch das Festbett zu erreichen, ist zur Umwälzung des Substrates ein Tauchrohr mit zwei horizontal drehenden Schaufelrädern eingebaut. Der Pumpvorgang findet 20-mal täglich jeweils für 1 Minute statt. Die Festbetten nehmen unter der Maßgabe der ausreichenden Durchströmbarkeit zwei Drittel der Füllhöhe der Fermenter ein. Die Fässer werden durch ein Wasserbad beheizt. Zum Impfen wird Presssaft aus einem Versuchsreaktor mit Festbett verwendet. Die Entnahme und Zugabe von Substrat erfolgt über einen Kugelhahn. Als Fermentat wird Presssaft aus Mais-Silage vom Betrieb Eichhof verwendet. Als Festbettmaterialien stehen PU-Schaumstoff, Granulat aus Vermiculit (Blähton, Korngröße 2–5mm), quarzitischer Kies (Korngröße 2–5mm), Kunststofffiltervliese verschiedener Faserstärken und Stroh zum Vergleich an. Wie bei der Nullvariante ohne Festbett, wird bei allen Fermentern die Auswirkung einer schrittweisen Verkürzung der Verweilzeit bzw. die Steigerung der Faul-

raumbelastung hinsichtlich der Stabilität des Gärprozesses qualitativ und quantitativ erfasst. Damit können Belastungsgrenzen und Betriebsoptima festgelegt werden. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse wird anhand des Vergleichs einer Festbettvariante aus Filtervlies mit den Ergebnissen von einem 2 m<sup>3</sup> Versuchsreaktor mit gleichem Festbettmaterial überprüft.

**Ergebnisse und Diskussion.** Zur Beurteilung der Eigenschaften verschiedener Festbetten wurde eine Versuchsanordnung entwickelt, in der die räumliche Anordnung der verschiedenen Materialien einen direkten Vergleich erlaubt. Die Versuche werden mit dünnflüssigen Fermentaten durchgeführt, um die Kontaktflächen nicht mit Sedimenten zu belegen. Die sich dabei zeigende Abhängigkeit der biologischen Aktivität einer definierten wirksamen Oberfläche von den eingestellten Gärparametern ermöglicht eine Aussage zur Eignung der Festbettmaterialien.

**Schlussfolgerungen und Ausblick.** Die Anlage des Versuchs ermöglicht einen Vergleich der Wirksamkeit verschiedener Festbettmaterialien. Die Methode stellt eine effiziente und kostengünstige Möglichkeit zur Beurteilung von Materialien für den Einsatz im Praxisfermenter dar.

**Schlagwörter:** Biogasproduktion; Faulraumbelastung; Festbettmaterialien; Festbettreaktor; hydraulische Verweilzeit; Presssaft

## Potenziale der Brennstoffproduktion auf Grenzertragsstandorten

Erhaltung schützenswerter Grünlandgesellschaften

Michael Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel, Steinstrasse 19, D-37213 Witzenhausen ([mwach@uni-kassel.de](mailto:mwach@uni-kassel.de))

**Ziel der Arbeit.** Ziel der vorliegenden Studie ist es, die ökologischen, technischen und ökonomischen Rahmenbedingungen zu identifizieren, die eine erfolgreiche Einführung und Verbreitung der Biomassenutzung durch Trennung der Stoffflüsse ermöglichen. Die Auswirkungen der Innovation auf ökologische und ökonomische Indikatoren werden analysiert und diskutiert.

**Ergebnisse und Diskussion.** Die Perspektiven für eine geregelte Nutzung des Grünlandes in Mittelgebirgsregionen und anderen ertragsschwachen, grünlanddominierten Regionen sind schwierig. Verschiedene Studien gehen davon aus, dass bedingt durch fallende Preise für tierische Produkte, sowie durch Fortschritte in Management und Zucht des Milchviehs ca. 25% des Grünlandes als zukünftig Futterflächen ausscheiden. Standortbedingungen und Schutzbestimmungen schließen eine anderweitige Nutzung aus. Die Bestimmungen der aktuellen GAP-Reform sehen zur Aufrechterhaltung einer 'Ordnungsgemäßen Landwirtschaft' zwar eine Mindestpflege des Grünlandes vor, jedoch deuten verschiedene Untersuchungen darauf hin, dass dieses Management lediglich eine Offenhaltung der Landschaft gewährleistet. Ehemals vielfältig zusammen gesetzte Grünlandbestände würden sich allerdings über die Jahre hinweg in artenarme und durch Gräser dominierte Bestände umwandeln. Der derzeitige Boom beim Bau von Biogas-

anlagen beschränkt sich weitgehend auf Standorte mit hohem Ertragspotential für Ackerkulturen, die sich für die Produktion von Ganzpflanzensilagen von Mais und Getreide eignen. Grünlandbiomasse als Substrat für die Fermentierung tritt dagegen zunehmend in den Hintergrund. Herkömmliche Anlagenkonzepte für die Biogaserzeugung sind (zumal ohne Abwärmenutzung) in typischen Grünlandregionen wirtschaftlich kaum tragfähig. Angesichts des in diesen Regionen hohen Anteils an Weidehaltung bzw. der zukünftig zu erwartenden abnehmenden Tierzahlen werden Konzepte benötigt, die eine Monovergärung von Grünlandbiomasse ohne den Einsatz von Wirtschaftdüngern zuverlässig erlauben.

**Schlussfolgerungen und Ausblick.** Für die traditionell tiergebundene Grünlandwirtschaft in Mittelgebirgsregionen existieren kaum zukunftsfähige Perspektiven. Für die Erhaltung dieser einzigartigen Kulturlandschaften und ihrer ökologisch äußerst wertvollen Vegetationen sind neue Konzepte nötig, die eine wirtschaftlich sinnvolle Verwertung der Biomasse ermöglichen. Das Konzept der Biomassenutzung durch Trennung der Stoffflüsse vereint zahlreiche Vorzüge, die insbesondere in Mittelgebirgsregionen zum Tragen kommen würden.

**Schlagwörter:** Bioenergie; Biogas; Biomasse; Brennstoff; Fermentierung; Grünland; Mittelgebirge

## Ökonomische Bewertungen und Aussichten der Biogasgewinnung aus Presssäften

### Erhaltung der Kulturlandschaft

Detlev Möller

Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Betriebswirtschaft, Steinstr. 19, D-37213 Witzenhausen (d.moeller@uni-kassel.de)

**Ziel der Arbeit.** Ziel der Arbeit ist es – aufbauend auf der Multifunktionalität von Landschaften – aufzuzeigen, unter welchen Bedingungen alternative Nutzungen von Grünland in Mittelgebirgslagen in Form von Bioenergiebereitstellung aus Pflanzenpresssäften grundsätzlich möglich und wirtschaftlich sinnvoll sind.

**Ergebnisse und Diskussion.** Die Erhaltung der Multifunktionalität von Landschaften kann als gesellschaftliche Aufgabe angesehen werden, die jedoch von einzelwirtschaftlich agierenden Entscheidern wesentlich beeinflusst wird. Unter der Prämisse, das landwirtschaftliche Landnutzer ein angemessenes Einkommen erwirtschaften wollen und ihre Landnutzung nach Maßgabe dieses Kriteriums rational gestalten werden, kann gezeigt werden, dass Landnutzungsoptionen für Grünland in benachteiligten Regionen im Vergleich zu Gunstregionen nur wenige Alternativen umfassen. Neben den naturräumlichen Gegebenheiten (Boden, Relief, Klima) wirken insbesondere agrarstrukturellen Besonderheiten (Betriebe, Flächen, Verkehrslage) sowie die außerlandwirtschaftlichen Erwerbsmöglichkeiten auf die erzielbare Grundrente eines betrachteten Standortes ein. Eine Analyse der Kostenbestandteile der Rohstoffproduktion für die Biogaswirtschaft

vom Grünland zeigt, das Verfahren entwickelt werden müssen, die unter Beachtung von ökologischen Standards bei niedrigen Arbeitserledigungs- und Transportkosten (Dezentralität der Anlagen) entsprechende Qualitäten für die Weiterverarbeitung bereitstellen können.

**Schlussfolgerungen und Ausblick.** Eine auf die Verwertung von ökologisch nachhaltig erzeugtem Grünlandaufwuchs abgestimmte Biogaswirtschaft könnte in der Lage sein, eine entsprechende (Grün-)Landnutzung in benachteiligten Regionen zu ermöglichen und so eine angemessene Entlohnung der eingesetzten Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital zu erreichen. Auf diesem Wege kann eine zusätzliche Landnutzungsoption in eher benachteiligten Gebieten geschaffen werden. Es besteht das Potential, die Erhaltung von Kulturlandschaften und deren Multifunktionalität auf Grund wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit zu verbessern und die Notwendigkeit der Inanspruchnahme öffentlicher Transferzahlungen zu verringern. Erforderlich sind räumlich differenzierte Modelle zur Abschätzung von Erfolg versprechenden Rahmenbedingungen.

**Schlagwörter:** Arbeitserledigungskosten; Biogaswirtschaft; Grenzstandorte; Grundrente; Mittelgebirgsländwirtschaft; Multifunktionalität; Wirtschaftlichkeit

## Brennstoffe aus Biomasse-Verwertungstechnik und Emissionsrecht

Dipl.-Ing. (FH) Uwe Picker

Landesinnungsverband des Schornstefegerhandwerkes Hessen – LIV Hessen, Am Sportplatz 1a, D-36179 Bebra (livhessen@t-online.de)

**Ziel der Arbeit.** Darstellung der rechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Brennstoffen aus Biomasse bzw. Biomasse als Brennstoff.

**Ergebnisse und Diskussion.** Das Schornstefegerhandwerk arbeitet bei der Beurteilung von Feuerungsanlagen bezüglich ihres Schadstoffausstoßes und der Zulässigkeit von Biomasse-Brennstoffen mit der Ersten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes-Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV i.d.F. vom 02. August 2001). Feuerungsanlagen und Biomasse-Brennstoffe, die nicht von der 1. BImSchV erfasst werden, sind nach der Vierten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes-Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) zu beurteilen, und fallen nicht in den Zuständigkeitsbereich des Schornstefegerhandwerkes. In Verbindung mit der 4. BImSchV gibt die Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft i.d.F. vom 24. Juli 2002) in Abhängigkeit von Wärmeleistung und Brennstoff die Vorgaben zu den Grenzwerten für die Schadstoffe im Abgas.

Neben den Vorgaben der 1. BImSchV werden durch Sachverständige des LIV Hessen Beurteilungen des Schadstoffausstoßes von Feuerungsanlagen für regenerative Brennstoffe durchgeführt, die nach dem Hessischen Energiegesetz und den dazugehörigen Förderrichtlinien gefördert werden. Hierzu gehören Anlagen für den Betrieb mit Holz-Pellets, Holz-Hackschnitzeln oder Biogas.

**Schlussfolgerungen und Ausblick.** Unabhängig von den gesetzlichen Vorgaben bleibt festzustellen, dass insbesondere bei den Feuerungen für feste Brennstoffe der Feinstaubgehalt künftig in die Beurteilung der Umweltbelastung mit einbezogen werden muß. Das gilt bezüglich des Brennstoffes Holz nicht nur für Scheitholz und Hackschnitzel, sondern auch für Holz-Pelletfeuerungen. Beim Einsatz von Biogas erscheint der in der Praxis erzielte Kohlenmonoxid-Ausstoß bedenklich, da er in den nach den Hessischen Förderrichtlinien beurteilten Anlagen weit über den TA Luft-Vorgaben liegt.

**Schlagwörter:** 1. BImSchV; regenerative Energien; Schadstoffausstoß; Umweltbelastung