

## Ein neues Konzept für die bioenergetische Nutzung von Grünlandbiomasse

M. Wachendorf, T. Fricke, R. Graß und R. Stülpnagel

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel

### Hintergrund und Problemstellung

Strukturen der derzeitigen Biogasproduktion: Eine maßgebliche Restriktion für die anaerobe Vergärung von Ganzpflanzen im Allgemeinen bzw. von Grünlandbiomassen im Besonderen ist der Gehalt lignozellulosereicher Strukturen. Hohe Gehalte dieser Inhaltsstoffe verzögern die Fermentationsprozesse und reduzieren den Biogasertrag und damit auch den Energiegewinn. Bei unverändert hohem Energiebedarf der Anlage für Heizung, Rühren, etc. nimmt in diesem Zuge die Effizienz der Umwandlung von Pflanzenenergie in nutzbare Energie zwangsläufig ab. Selbst bei der Vergärung üblicher Rohstoffe in Form von silierten Ganzpflanzen (z.B. von teigreifem Silomais) in herkömmlichen Biogasanlagen liegt dieser Wert bei lediglich 50 bis 60% (inclusive Wärmenutzung). Die in der Pflanze gespeicherte Energie wird auf diesem Weg also nur in einem vergleichsweise geringen Maß nutzbar gemacht (SCHEFFER 2006b). Große Energiemengen werden mit erheblichem energetischen Aufwand (Transport, Ausbringung, etc.) mit den Gärresten auf die Felder zurückgebracht. Die meisten Biogasanlagen verfügen über kein umfassendes Konzept zur Nutzung der Abwärme aus der Kraft-Wärme-Kopplung. Zwar werden häufig benachbarte Wohn- und Wirtschaftsräume beheizt, weiter gehende Nutzungen fehlen aber fast überall. Der Fachverband Biogas schätzt, dass im Jahr 2005 knapp 2 Millionen Megawattstunden Wärme aus deutschen Biogasanlagen nicht genutzt wurden. Würde diese Wärme z.B. in privaten Haushalten anstelle von Gas für Heizzwecke genutzt, könnten damit über 122.000 deutsche Haushalte ein Jahr lang beheizt werden. Dass die Abwärme kaum genutzt wird, liegt im Wesentlichen an der Außenlage der meisten Biogasanlagen. Externe Abnehmer, wie Gewerbebetriebe oder Wohnsiedlungen, liegen oft zu weit entfernt. Die Installation eines Nahwärmenetzes lohnt sich deshalb meist nicht. Nur wenige Produktionsprozesse weisen einen ganzjährigen und gleichbleibenden Wärmebedarf auf. Dies wäre jedoch für eine Biogasanlage von Vorteil, da hier die Überschusswärme ganzjährig und auf nahezu gleich bleibendem Niveau anfällt.

Insbesondere Mittelgebirgsregionen stehen in dieser Hinsicht vor großen Problemen:

- Die geringe Besiedlungsdichte und Anzahl industrieller Wärmeabnehmer erschweren eine ökonomische Darstellung der Anlagen, zumal in zunehmendem Maße Investitionszulagen nur noch mit dem Nachweis vorhandener Wärmenutzungskonzepte gewährt werden.
- Schwierige Verkehrswegung mit starken Höhenunterschieden erschweren die Zulieferung von Biomasse zu den Anlagen bzw. die Rückfuhr der Gärreste auf die Anbauflächen.

- Die Ansprüche der Gesellschaft hinsichtlich der Erholungsfunktion dieser Landschaften vertragen sich in der Regel nicht mit dem Betrieb größerer Biogasanlagen und deren technisch-logistischen Konsequenzen.
- Zum Schutz artenreichen Grünlands fordert der Naturschutz eine extensive Grünlandbewirtschaftung, die z.B. durch die Verzögerung des Nutzungstermines den Abschluss der generativen Entwicklung zahlreicher Pflanzenarten ermöglicht. Die hierbei produzierte Biomasse weist nur noch eingeschränkte futterbauliche oder bioenergetische Verwertungsmöglichkeiten auf.

Bioenergetische Verwertung von Grünlandbiomasse: Vor allem zwei bioenergetische Verwertungsrichtungen werden für die Grünlandbiomasse diskutiert: Anaerobe Vergärung (Biogaserzeugung) und thermische Wandlung (Verbrennung). Grünland als Substrat in der Biogaserzeugung hat insbesondere dort eine Bedeutung, wo es standortbedingt ohnehin anfällt und als Kosubstrat neben Silomais und Gülle verwendet werden kann. Grünlandbiomasse ist vor allem dann attraktiv, wenn der Standort keinen Maisanbau zulässt und die Flächenkosten infolgedessen relativ niedrig sind. Hier handelt es sich allerdings in aller Regel um mehrschürige Wiesen und Mähweiden mit geringer Artenvielfalt. Sollen artenreiche Bestände erhalten werden, kommt bislang angesichts der hierzu notwendigen geringen Nutzungsfrequenzen nur eine thermische Verwertung in Frage. Ungünstige Verbrennungseigenschaften des Heus (insbesondere Emissionsprobleme und Ascheverhalten; KALTSCHMITT und HARTMANN, 2003) haben neben anderen Schwierigkeiten bisher allerdings eine weitere Verbreitung verhindert. Ziel des im vorliegenden Beitrag vorgeschlagenen Verfahrens ist die Produktion eines Festbrennstoffes mit möglichst effizienter Wandlung der pflanzlichen Energie und akzeptablen Qualitätseigenschaften.

### **Das Prinzip der integrierten Biogas- und Festbrennstoffproduktion aus landwirtschaftlicher Biomasse**

Das Anlagenkonzept: Im vorliegenden Beitrag wird ein Anlagenkonzept vorgestellt, das von der Silage die schwer vergärbaren Bestandteile mittels einer mechanischen Presse abtrennt und lediglich den Presssaft einer Vergärung zuführt (Scheffer, 1993; Reulein, 2007a). Die aus der Verbrennung des Biogases im Blockheizkraftwerk generierte Elektrizität wird eingespeist und die anfallende Wärme wird zur Trocknung des Presskuchens verwendet, der dann als transportabler Festbrennstoff vermarktet wird (Abb. 1).

Mechanische Entwässerung und Nachtrocknung des Presskuchens: Eine thermische Trocknung von Silagen benötigt mit sinkendem TM-Gehalt exponentiell steigende Energiemengen, wobei ca. 1,3 kWh an Wärmeenergie aufgewendet werden müssen, um 1 kg Wasser zu verdampfen. Stammt die dafür benötigte Energie aus dem laufenden Prozess, so ist mit einer entsprechenden Reduktion der als Brennstoff zur Verfügung stehenden Biomasse zu rechnen. Im Gegensatz zur thermischen Trocknung treibt eine mechanische Entwässerung das Wasser energetisch wesentlich effizienter aus.

Im vorliegenden Verfahren hat sich eine Schneckenpresse (Typ A<sub>v</sub>, Fa. *anhydro*, Kassel) als geeignet erwiesen. Allerdings geht die Trocknung auch hier mit einer (tatsächlichen) Minderung der als Brennstoff zur Verfügung stehenden Biomasse

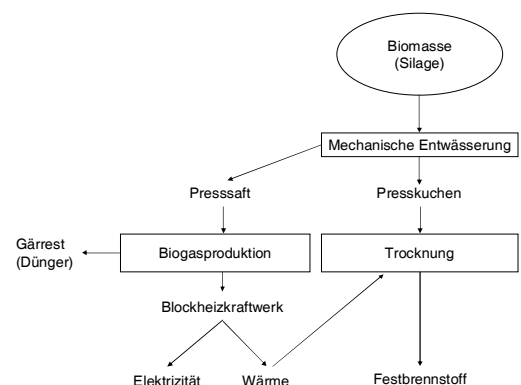


Abb. 1: Prinzip der integrierten Biogas- und Festbrennstoffproduktion aus landwirtschaftlicher Biomasse

einher. Dieser Anteil der Biomasse steht jedoch im Presssaft als (überwiegend) leichtvergärbare Trockenmasse zur Verfügung, so dass über die Vergärung des Substrates in einer Biogasanlage mit anschließender Verstromung ca. 150 % der zur Entwässerung nötigen elektrischen Energie und ca. 100 % der zur Nachtrocknung benötigten Wärmeenergie entstehen. Das bedeutet, dass der entstehende Brennstoff als Nettoenergieträger (ohne verdeckten zusätzlichen Energieaufwand) angesehen werden kann (REULEIN, 2007b).

Vergärung der Presssäfte: Hinsichtlich des Biogasertragspotenzials hat sich der Presssaft als ein sehr günstiges Substrat für Biogasanlagen erwiesen, da der Abbau sehr schnell und nahezu vollständig erfolgt. Hierzu wurden Biogas- und Methanertragspotenziale, sowie das Gärverhalten und die Abbaudynamik mit einem Batch-Laborverfahren nach Zerr (2006) untersucht. Hohe Methanausbeuten zwischen 450 und 500 Litern CH<sub>4</sub> pro kg oTS und Abbaugrade von über 90% erreichten Mais-Presssäfte, deren Ausgangsmaterialien zu einem physiologisch frühen Zeitpunkt geerntet wurden, sowie Presssäfte aus Grassilagen. Der Abbau der Presssäfte dauerte maximal 4 Tage (BÜHLE et al., 2007). Umfangreiche Untersuchungen zum Gärverhalten im kontinuierlichen Betrieb im Rührkesselfermenter haben gezeigt, dass eine stabile Vergärung lediglich bei geringen Raumbelastungen und Verweilzeiten möglich ist. Eine weitere Steigerung der Raumbelastung bzw. eine Verkürzung der Verweilzeit würde zum Austrag der Bakterien und damit zum Zusammenbruch der Fermenterbiologie führen. Im kontinuierlichen Betrieb im Festbettreaktor konnte eine stabile Vergärung bei sehr geringen Verweilzeiten realisiert werden. Die Prüfung unterschiedlicher mineralischer, synthetischer und organischer Festbettmaterialien ergab ein differenziertes Bild, das Aussagen hinsichtlich der Eignung dieser Materialien zur Fixierung der Bakterienbiomasse erlaubt (GÜNTHER et al., 2007).

Qualität des Festbrennstoffs: Ein wesentlicher Aspekt der mechanischen Abpressung ist neben der Entwässerung die spezifische Aufteilung der organischen und mineralischen Bestandteile der silierten Biomasse auf den Presssaft und den Presskuchen. Sowohl hinsichtlich der feuerungstechnisch relevanten Gehalte an Kalium, Chlorid und Stickstoff im Presskuchen, als auch im Hinblick auf die Nährstoffrückfuhr der genannten Elemente und weiterer Mineralstoffe mit den Gärresten zeigt sich ein signifikant disproportionaler Massenfluss dieser Stoffe in die flüssige Phase. Untersuchungen an zahlreichen Ackerfrüchten (REULEIN, 2007b), sowie an intensiven und extensiven Grünlandbeständen (Weidelgrasweiden, Feucht-, Glatthafer-, Goldhaferwiesen, sowie Mager- und Borstgrasrasen des nordhessischen Lößgebietes, der Hessischen Rhön und des Südlichen Schwarzwaldes) belegen diesen präferentiellen Fluss, dessen Ausmaß zwar substratspezifisch ist, sich allerdings durch eine Konditionierung der Silage vor Abpressung (z.B. durch Maischung) modifizieren lässt (BEDENK et al., 2007; BEYRICH et al., 2007).

## **Ausblick**

Das dargestellte Konzept der integrierten Biogas- und Festbrennstoffproduktion bietet interessante Perspektiven für eine wirtschaftliche und ökologisch sinnvolle Nutzung des Grünlands in Mittelgebirgen. Systematische Forschungsarbeiten an der Universität Kassel beschäftigen sich derzeit mit der Quantifizierung bestandesspezifischer Effekte auf das Gesamtverfahren und seine Komponenten, sowie mit der weiteren Optimierung des Konzeptes und mit Fragen der regionalen Implementierung der Technik.

## **Literatur**

BEDENK K., FRICKE T., REULEIN J., STÜLPNAGEL R., WACHENDORF M. (2007) Charakterisierung der Mineralstoff- und Organik-Flüsse bei der mechanischen Abpressung von

## Workshop I: Energie

Grünlandaufwüchsen herkömmlicher Nutzungsintensität. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).

BEYRICH W., EMANUEL M., NEFF R., FRICKE T., REULEIN J., STÜLPNAGEL R., WACHENDORF M. (2007) Charakterisierung der Mineralstoff- und Organik-Flüsse bei der mechanischen Abpressung extensiver Grünlandaufwüchse. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).

BÜHLE, L., STÜLPNAGEL R., SCHEFFER K., ZERR W., WACHENDORF M. (2007) Gärdynamik und Methanbildungspotenzial von Presssäften mechanisch entwässerter Silagen. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).

KALTSCHMITT M. und HARTMANN H. (2003) Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer Verlag, Berlin.

REULEIN J., SCHEFFER K., STÜLPNAGEL R., BÜHLE L., ZERR W. and WACHENDORF M. (2007a) Efficient utilization of biomass through mechanical dehydration of silages. 15th European Biomass Conference, Berlin, Germany (in press).

REULEIN J. (2007b) Optimierung der energetischen Nutzung von feucht konservierten Pflanzenarten und Stroh durch Trennung in festen Brennstoff zur Herstellung von Pellets und flüssiges Biogassubstrat mittels Schneckenpresse. Abschlussbericht FNR- FKZ: 220 217 03 (unveröffentlicht).

STÜLPNAGEL, R. (1993) Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 49, - Wege und Chancen bei der Bereitstellung des CO<sub>2</sub>-neutralen Energieträgers Biomasse, Selbstverlag des Verbandes der Tropenlandwirte, Witzenhausen (1993).

SCHEFFER, K. (2006) Optimierte Konzepte für den Anbau und die energetische Nutzung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. <http://www.energiewirt.fechnermedia.de/downloads/Pflanzenbau2.pdf> (2006)

ZERR, W. (2006) Versuchsanlage zur energetischen Beurteilung von Substraten und Kofermentaten für Biogasanlagen. Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 18 (4), 219-227.