

Grünland als Biogassubstrat



Nr. I – 12/2015 (2. Auflage)

Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe I (Substratproduktion) im „Biogas Forum Bayern“ von:



Dr. Stephan Hartmann

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung



Dr. Michael Diepolder

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz



Fabian Lichti

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines	2
2. Flächenpotenzial für die Biogaserzeugung aus Grünland	2
3. Empfehlungen zur Optimierung des Biogasprozesses auf Basis von Grünlandbiomasse	5
4. Produktionstechnik	6
5. Ökologische Aspekte	8
6. Quellenangaben.....	8

1. Allgemeines

In Bayern sind knapp 34 % (ca. 1,08 Mio. ha) der landwirtschaftlichen genutzten Fläche Dauergrünland. Die Grünlandwirtschaft ist durch vielfältige Nutzungsformen und -intensitäten gekennzeichnet. Diese reichen von der intensiven Nutzung zur Silagebereitung über die extensive Beweidung oder Heubereitung bis zur vorrangig naturschutzfachlich ausgerichteten Bewirtschaftung mit sehr später Einschnittnutzung (Streuwiesen). Rund 70 % des Grünlands werden ausschließlich und etwa 90 % überwiegend maschinell beerntet.

Die Zahl der Raufutterfresser insbesondere der Milchkühe ist seit vielen Jahren in Bayern rückläufig. Damit werden Grünlandflächen frei, die aus sozioökonomischen, landeskulturellen und naturschutzfachlichen Gründen weder brachfallen noch in Wald umgewandelt werden sollten. Für die Erhaltung als Grünland ist jedoch eine nachhaltige und wirtschaftliche Nutzung erforderlich. Die Substratbereitstellung für die Biogaserzeugung stellt eine solche mögliche Verwendung dar. Dabei gilt Grünland als die umweltfreundlichste Art des Energiepflanzenanbaus. Nach Hochrechnungen der BBD Bayern wurden 2011 ca. 10 % des Substrateinsatzes für Biogasanlagen als Grassilage eingetragen (LfL, 2011).

2. Flächenpotenzial für die Biogaserzeugung aus Grünland

Die Datenbasis für die Abschätzung des Grünlandpotenzials ist dünn, zumal flächendeckende Erhebungen zu Nutzungsintensitäten und Erträgen bislang nicht vorliegen. Auf der Basis der Grünlandstudien (Halama in: Machbarkeitsstudie „Nutzung von Grünland zur Biogaserzeugung“, 2011) lässt sich für Bayern folgende Aussage treffen:

- Bis zum Jahr 2020 dürften bis zu ca. 20 % der in 2008 noch vorhandenen Grünlandflächen freigesetzt werden. Im Vergleich zum bayerischen Mittel liegt der Anteil an freiwerdenden Flächen in den Tertiär-Hügelländern, den Gäugebieten, den Fränkischen Platten, im Spessart und in der Rhön deutlich höher.



Abb.1: Schätzungsweise werden bis zum Jahr 2020 rund 165.000 - 209.000 ha Grünland nicht mehr für die Versorgung der Raufutterfresser benötigt und stehen somit für eine alternative Verwertung zur Verfügung

Ausgehend von diesen Eckpunkten lassen sich folgende weitere Abschätzungen treffen:

- Es ist nicht zu erwarten, dass Flächen, welche bereits jetzt extensiv, d.h. ein- bis zweischürig genutzt werden, in größerem Umfang intensiviert werden. Dies deshalb, weil sie entweder für eine Intensivierung nicht die nötigen Standortverhältnisse aufweisen (flachgründige Böden, sehr feuchte oder trockene Lagen), naturschutzfachlichen bzw. förderungsrechtlichen Auflagen unterliegen, an bestehende Nutzungen (z.B. Heuverkauf) gebunden oder erntelogistisch ungünstig sind (steile Flächen, abgelegene Seitentäler).
- Die intensiven/hochproduktiven Flächen konzentrieren sich bereits jetzt regional stark und werden nur in geringem Umfang für Alternativen zur Milchkuhhaltung verfügbar. Zu prüfen wäre, inwieweit Kombinationen aus Milchvieh und Biogas wirtschaftliche Vorteile erwarten lassen.
- Der Schwerpunkt der geeigneten Flächen wird bei Wiesen mit drei oder vier Schnitten liegen (Tabelle 1). Damit ist im Regelfall grundsätzlich auch die Möglichkeit zur Intensivierung durch Saatguteinsatz und ggf. auch durch Düngung gegeben. Hier wirken begrenzend:
 - Kosten und evtl. mangelnde Nachhaltigkeit des Saatguteinsatzes
 - Ertragswirkung/Nährstoffausnutzung von Düngungsmaßnahmen
 - Flächenkosten (Pacht)
- Überschlüssig sollten damit ca. 50 – 70 % der freiwerdenden Flächen Potenzial für Biogas besitzen. (Hartmann 2006)

Tabelle 1: Geschätzte Nutzungsintensitäten und Netto-Erträge der Grünlandfläche in Bayern (2008) und ihre Eignung/Verfügbarkeit zur Biogaserzeugung

Schnitte pro Jahr	Fläche [in 1000 ha]	TM-Ertrag [dt/ha]	TM-Anfall [1000 t]	Erwartete Verfügbarkeit für Biogaserzeugung
1	71	25-40	178-284	Kaum
2	182	45-55	819-1001	begrenzt
3	488	70-80	3.416-3.904	größere Anteile
4	348	80-100	2.784-3.480	teilweise
Über 4	35	100-120	350-420	kaum
gesamt	1.124	75	8.430	

Kombination aus futterbaulicher und energetischer Nutzung auf einer Fläche

Bei grobfutterbasierter Ration steigt bei den angestrebten hohen Milchleistungen der Gewinnbeitrag mit der Qualität des Grundfutters. Dies erfordert in der Produktionstechnik einen optimalen ersten Schnitt und rechtzeitige Folgenutzungen. In Gunstlagen des Grünlandes ergibt sich daraus eine vier- bis fünfmalige Nutzungshäufigkeit der Bestände. Diese wird meist auch bei flächenstarken Betrieben eingehalten, da eine Reduzierung der standortoptimalen Bewirtschaftungsintensität zu negativen Bestandsänderungen führen kann

(Tabelle 2). Jedoch stellt sich in Fällen von regelmäßigen Futterüberschüssen die Frage einer sinnvollen Verwertung, sofern keine Alternativen wie z. B. Cobs-Erzeugung oder Heuverkauf realisierbar sind.

Tabelle 2: Ertrag, N-Aufnahme und Futterwert bei unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität einer Weidelgras reichen Wiese im Allgäuer Alpenvorland (Quelle Diepolder und Raschbacher, 2010)

Schnitte/Jahr Güllegaben ¹⁾ /Jahr [m ³ /ha]	Bewirtschaftungsintensität		
	3 2 x 20	4 3 x 20	5 4x20
TM-Ertrag [dt/ha]	105	106	113
Energie-Ertrag [MJ NEL/ha]	64.225	66.708	71.483
N-Aufnahme [kg N/ha]	207	259	312
Σ Gräser [% FM 1. Schnitt]	61	81	81
Dt. Weidelgras [% FM]	40	62	63
Ø Futterwertzahl [max. 8,0]	6,3	7,2	7,2

1) 4,2 % TS; Nährstoffe in kg/m³: 2,22 Gesamt-N, 1,04 P₂O₅, 2,62 K₂O

Daher können Kombinationen der Verwertung aller Aufwüchse einer Fläche durch Milchvieh und Biogas eine sinnvolle Strategie sein, um eine pflanzenbaulich notwendige Mindestintensität zur Stabilisierung hochproduktiver Standorte wirtschaftlich möglich zu machen. So können zum Beispiel flächenstarke rinderhaltende Betriebe mit Teilernten (1. Schnitt) qualitativ hochwertiges Futter für die leistungsorientierte Milchviehernährung erzeugen und andererseits Teilernten (Sommerschnitte), die in der Energiedichte erfahrungsgemäß qualitativ abfallen, in der Biogasanlage verwerten. Durch die Aufrechterhaltung einer hohen Nutzungsintensität und dem daraus resultierenden höheren Nährstoffbedarf können zudem auch größere Mengen an Gülle bzw. Gärresten pflanzenbaulich sinnvoll verwertet werden (Tabelle 4).



Abb. 2 und 3: Ertrag und Qualität des Substrates bestimmen dessen Biogaseignung

3. Empfehlungen zur Optimierung des Biogasprozesses auf Basis von Grünlandbiomasse

Die bisherigen Praxiserfahrungen bei der anaeroben Vergärung von Grünlandaufwüchsen zeigen, dass die Prozesssteuerung schwierig und eine langfristige Prozessstabilität nicht gewährleistet ist. In der Regel führen die hohen Proteingehalte im Substrat zu hohen Ammoniumkonzentrationen während des anaeroben Abbaus. In Abhängigkeit von der Betriebstemperatur und dem pH-Wert wird während der Fermentation Ammoniak freigesetzt, das sich hemmend auf die Mikroorganismen im anaeroben Abbauprozess auswirken kann. Wenn bestimmte Aspekte berücksichtigt werden, kann jedoch die anaerobe Vergärung von Grünlandaufwüchsen auch bei einem Masseanteil von über 50 % langfristig stabil betrieben werden.

Kriterien zum Auswahl der geeigneten Substratmischung

Die substratspezifische volumetrische Ausbeute an Methan (bei Normbedingungen) aus der organischen Trockenmasse (oTM) liegt für Grünlandsubstrate bei durchschnittlich 300 Normliter CH_4 pro kg organischer Trockenmasse, wobei eine Spannweite von ca. 200 bis 350 $\text{L}_N \text{ kg}^{-1}$ oTS genannt wird. Die mittlere Substratausbeute liegt damit in vergleichbarer Größenordnung wie bei Klee gras, Getreide-GPS und Maissilage. Versuche der LfL zeigten bei einer Substratmischung aus Grassilage (45 % FM), Rotkleesilage (8 % FM), Maissilage (10 % FM) und Rindergülle (37 % FM) bei einer oTM-Raumbelastung von $2,5 \text{ kg m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$, dass eine Methanproduktivität bezogen auf das Fermenter-Nutzvolumen von ca. $0,85 \text{ m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ zu erwarten ist.

Einen maßgeblichen Einfluss auf die Vergärbarkeit der Grünlandbiomasse hat vor allem der richtige Erntezeitpunkt. Schwankungen im Gasertrag werden v.a. durch das physiologische Alter (Lignifizierung) und das C/N-Verhältnis, somit auch von der Artenzusammensetzung des Substrats, hervorgerufen. Ein hoher Ligninanteil senkt dabei den Gehalt an fermentierbarer Masse, während ein niedriges C/N-Verhältnis den Prozess durch die Bildung von hemmendem Ammoniak negativ beeinflussen kann. Zur Erhöhung der langfristigen Prozessstabilität bei der anaeroben Vergärung von Grünland ist folglich eine Kombination mit Substraten wie Maissilage, GPS-Silage und/oder Rindergülle zu empfehlen.

Durch Untersuchungen in diskontinuierlich betriebenen Durchflussfermentern der LfL konnte gezeigt werden, dass Substratmischungen mit geringem C/N-Verhältnis (ca. 16) früher an Belastungsgrenzen des Biogasprozesses stießen. Eine systematische Zugabe von Klee grasanteilen (Rotklee) zur Substratmischung zeigte ab einem Leguminosenanteil von ca. 15 % eine verminderte Prozessstabilität. Durch Zugabe von 10 % Maissilage und 30 % Rindergülle konnte langfristige Prozessstabilität gewährleistet werden. Beobachtungen an Praxisbiogasanlagen zeigen bei angepasster Technik und adaptierter Biozönose allerdings auch bei hohen Grünland- und Leguminosenanteilen teils gute Prozessstabilität.

Die maximal mögliche Biogasproduktion bei der Nutzung von Grünlandbiomasse ist maßgeblich durch steigende Rohfaserkonzentrationen in der Substratmischung begrenzt, da Rohfaser überwiegend aus den Komponenten Zellulose, Hemizellulose und Lignin besteht. Insbesondere der Lignozellulose-Komplex ist gut durch mikrobiellen Abbau geschützt. Als Richtwert kann ein maximaler oTM-Gehalt an Zellulose, Hemizellulose und Lignin in der Substratmischung von ca. $500 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ gelten.

Zusammenfassend ergibt sich daraus, dass alle pflanzenbaulichen Maßnahmen auf die Ausschöpfung des standortspezifischen Ertragspotenzials auszurichten sind, während die Bedeutung der substratspezifischen Inhaltsstoffe – innerhalb gewisser Grenzen – vergleichsweise gering ist. Beim Betrieb einer Biogasanlage mit hohen Masseanteilen an Grünlandaufwuchs ist aus prozessbiologischer Sicht besondere Achtsamkeit geboten. Anlagentechnische Anpassungen sind dann unabdingbar. Diese betreffen vor allem die Rühr- und Fördertechnik. Eine zuverlässige Konservierung ist auch für die Biogasnutzung, insbesondere zur Reduzierung energetischer Verluste, zwingend notwendig. Aktuelle Versuche zur Nutzung „verschimmelter“ Silage in Biogasanlagen zeigen bis dato keine signifikanten Hinweise auf mögliche Prozessstörungen, bei sehr hohen Raumbelastungen sind diese jedoch nicht auszuschließen.

4. Produktionstechnik

Bestandsführung

Die Ansprüche der Bestandsführung können aus dem Bereich der standortgerechten Grobfutterbereitstellung übernommen werden. Diese Aussage bezieht sich auf die Schnitthöhe, den Nährstoffbedarf (Tabelle 4) und die Sortenwahl bei gegebenenfalls notwendiger Über- oder Nachsaat, insbesondere bei intensiver Grünlandwirtschaft.

Tabelle 4: Erträge und Düngbedarf von Wiesen (Wendland et al., 2012)

Schnitte/a	Bei TM-Ertrag [dt/ha]	N ¹⁾	P ₂ O ₅ ²⁾ [kg/ha]	K ₂ O
2	55	50 - 70	40	140
3	75	115 - 135	70	220
4	90	195 - 215	90	270
5	110	260 - 280	110	330

1) Untere Werte bei sehr stark humosen Böden bzw. hohen Kleeanteilen von 10-20 %

2) Bei Bodengehaltsklasse „C“

Diesbezüglich wird auf das bestehende pflanzenbauliche Beratungsangebot der Institute für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (siehe www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/), für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz (siehe www.lfl.bayern.de/iab/gruenland/) sowie für Pflanzenschutz (www.lfl.bayern.de/ips/) verwiesen.

Wesentliche Abweichungen im Vergleich zur Produktionstechnik bei der Futtererzeugung für die leistungsorientierte Milchviehhaltung ergeben sich jedoch bei folgenden Aspekten:

- ⇒ Aus wirtschaftlichen Erwägungen sollte die Schnitthäufigkeit - soweit pflanzenbaulich vertretbar – auch auf Gunststandorten auf max. vier Schnitte begrenzt werden.
- ⇒ Der optimale Schnitttermin für die Substratbereitstellung kann im Vergleich zum optimalen Termin der Grobfuttergewinnung für die Milchkuh je nach Alterungsgeschwindigkeit des Bestandes etwas später liegen.
- ⇒ Bei Grassilagen sollte die theoretische Häcksellänge von 6 auf 3 mm verkürzt werden, um möglichen Problemen im Fermenter durch lange Faserteile vorzubeugen. Eine

optimale Schnitthöhe ist besonders wichtig, da Bodenbestandteile abrasiv im Fermenter wirken können und die Gefahr der Sinkschichtenbildung bei Reaktoren ohne Feststoffaustrag besteht.

Der Einsatz wirtschaftseigener Dünger (Gülle/Gärreste) ist bei Grünland gut möglich, wobei jeder Aufwuchs begüht werden kann. Genau wie Gülle ist Biogasgärrest ein sehr gut wirksamer Mehrnährstoffdünger. Grundsätzlich ist eine Vorbehandlung in Form einer Vergärung auch aus Sicht der Düngeeigenschaften zu befürworten, da Gärreste im Vergleich zu unvergorenen Wirtschaftsdüngern geruchsärmer, dünnflüssiger und besser pflanzenverfügbar sind. Aufgrund der großen Schwankungen der Nährstoffgehalte von Gärresten sollte die mengenmäßige Ausbringung nur auf Basis der (gesetzlich vorgeschriebenen) Analysen erfolgen. Aufgrund des höheren Anteils an schnell verfügbarem Ammonium-N sowie des engeren C/N-Verhältnisses ist einerseits eine schnelle N-Wirkung möglich, andererseits besteht somit wegen des höheren pH-Wertes die Möglichkeit höherer NH_3 -Verluste als bei Gülle. Daher ist eine geeignete emissionsarme bodennahe Ausbringtechnik besonders wichtig. Dabei kann bei Biogasbeständen die Gärrestausringung auch in höher gewachsene Bestände erfolgen.

Hinsichtlich des Einsatzes von Biogassubstraten sind die rechtlichen Regelungen der Düngemittel-, Bioabfall- und Düngeverordnung sowie der Verordnung über Inverkehrbringen und Befördern von Wirtschaftsdünger zu beachten. Hierzu stehen seitens der LfL umfassende Informationen sowie EDV-Fachprogramme (z. B. für den Gärrestanfall, kalkulierte Inhaltsstoffe und Lagerraumbedarf) unter dem Link www.lfl.bayern.de/iab/duengung zur Verfügung.

Ernte, Ernteverfahren, Erntetermin, Erträge

Die bisherigen Ergebnisse von Vergärungsversuchen deuten an, dass der optimale Schnitttermin bei der Biogasproduktion etwas später (ca. 3-4 Tage) als bei der Nutzung für Milchvieh liegt. Im Einzelfall und in Einzeljahren kann so ein Schnitt eingespart werden. Mit fortschreitender Entwicklung nimmt insbesondere bei Gräsern der Anteil nicht abbaubarer Zellwandbestandteile (v. a. Lignin) zu, was die Methanausbeute verringert.

Je höher der Rohfasergehalt, desto geringer ist der Zuckergehalt des Siliergutes, die Verdichtbarkeit im Silo verschlechtert sich und die damit verbundene Gefahr der Schimmelbildung nimmt zu. Bei der Silierung ist das hohe Puffervermögen der Leguminosen zu berücksichtigen. Für die Silierung ist das Erntegut auf mindestens 30 % Trockensubstanz, bei hohen Silostapeln besser auf deutlich über 30 % Trockensubstanz anzuwelken. Eventuell anfallender Sickersaft ist unbedingt aufzufangen. Ganz wichtig ist eine hohe Verdichtung im Silo. Je höher der Trockensubstanzgehalt bei der Ernte ist, desto mehr Sorgfalt ist beim Befüllen und Verdichten aufzuwenden. Auf schweren Böden und bei zu feuchten Erntebedingungen besteht das Risiko, dass hohe Achslasten bei der Ernte Strukturschäden verursachen.

5. Ökologische Aspekte

Ist durch den Betrieb einer Biogasanlage der wirtschaftliche Erhalt von Grünland möglich, so ist dies auch in Hinblick auf den Grundwasser- und Erosionsschutz vorteilhaft. Zudem wäre der im Vergleich zum Ackerbau geringe Pflanzenschutzmitteleinsatz positiv hervorzuheben. Daneben sollte nicht zuletzt schon aus Gründen des Klimaschutzes der Umbruch von Grünland unbedingt vermieden werden.

Vor allem beim Einsatz von schlagkräftiger Großtechnik in Gemengelagen (Wiesen mit angrenzenden Waldflächen oder Feldgehölz) sollte insbesondere zu Zeiten des Setzens und der Aufzucht von Jungtieren die Aspekte des Wildschutzes beachtet werden.

6. Quellenangaben

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): Schriftenreihe Bayernplan - Einsatz von Biogas zum Ersatz von Gaskraftwerken - Arbeitsgruppe 1 „Potential, verfahrenstechnische und ökonomische Konsequenzen für die Biogaserzeugung“; Schriftenreihe, 2013.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): Nutzung von Grünland zur Biogaserzeugung – Machbarkeitsstudie; LfL-Information, 1. Auflage, Januar 2011.

Diepolder, Michael: Aspekte der Grünlandnutzung in Bayern, in: Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 31 „Gräser und Grasland“, S. 93-110, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, 2006.

Diepolder, M. und Raschbacher, S.: Leistungsfähiges Grünland und Verzicht auf mineralische Düngung – Sind nachhaltig hohe Erträge und Futterqualitäten möglich?; Schule und Beratung, Heft 3-4 /10; Seite III-13 bis III-19; Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 2010.

Hartmann, St.: Biomassepotential für Biogas in den Grünlandregionen Bayerns, Futterpflanzen - Perspektiven für die energetische Nutzung; GFP Workshop Freising 2006 <http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/18480/index.php>

Andrade, D., Marin-Perez, C., Heuwinkel, H., Lebuhn, M., Gronauer, A.: Biogasgewinnung aus Grassilage: Untersuchungen zur Prozessstabilität. Internationale Wissenschaftstagung Biogas Science 2009, 02.12.-04.12.2009, Erding. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Band 17. 2009

Wendland, M., Diepolder, M., Capriel, P.: Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland; 10. Unveränderte Auflage Auflage 20012; LfL-Information, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2012

Das „Biogas Forum Bayern“ ist eine Informationsplattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern

Arbeitsgruppe I (Substratproduktion)

hier erarbeiten Experten Publikationen zu folgenden Themen:

- Züchtung und Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen
- Fruchtfolgen
- Gärrestverwertung und Düngung

Mitglieder der Arbeitsgruppe I (Substratproduktion)

- **Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Ansbach und Bamberg**
- **Bayerisches Landesamt für Umwelt**
- **Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft**
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz
- **Bayerische Landesanstalt für Wein- und Gartenbau**
- **Biogasanlagenbetreiber**
- **C.A.R.M.E.N. e.V.**
- **Fachverband Biogas e.V.**
- **Hochschule Weihenstephan-Triesdorf**
- **Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung in Bayern e.V.**
- **Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe**

Zitiervorlage:

Hartmann, S., M. Diepolder und F. Lichti (2015): Grünland als Biogassubstrat. In: Biogas Forum Bayern Nr. 1 - 12/2015 (2. Auflage), Hrsg. ALB Bayern e.V., http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Grunland_als_Biogassubstrat_2_Auflage.pdf. Stand [Abrufdatum].



Herausgeber:

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik
und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.
Vöttinger Straße 36
85354 Freising
Telefon: 08161/71-3460
Telefax: 08161/71-5307
Internet: <http://www.biogas-forum-bayern.de>
E-Mail: info@biogas-forum-bayern.de