

## **Langfassung Konferenzbeitrag**

**Titel: Gas aus Gras – Biologie der Grasvergärung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen**

**Autor: Petra Zigldrum**

*agriKomp GmbH*

*Energiepark 2; 91732 Merkendorf*

*Tel. 09826 65959 0*

*E-Mail: p.zigldrum@agrikomp.de*

**Schlagwörter: Biogas, Grasvergärung, Gärbiologie, prozessbiologische Optimierung**

### **Zusammenfassung :**

Gras ist nach Maissilage das am zweithäufigsten verwendete Substrat in deutschen landwirtschaftlichen Biogasanlagen [1]. Gras kann hinsichtlich seiner Zusammensetzung sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, die auch auf den Methanertrag bei der Vergärung Auswirkungen haben. Beeinflusst werden diese Eigenschaften vor allem durch die Artenzusammensetzung, natürliche Standortfaktoren, Schnittzeitpunkt und -häufigkeit sowie Häcksellänge und Silierung des Grases [2]. Gärsubstrat landwirtschaftlicher Biogasanlagen, in denen Gras die Hauptkomponente des Futters darstellt, weist andere Eigenschaften auf, als das maisbasierter Vergärung. Grund dafür ist vor allem der höhere Anteil an Lignocellulose sowie das enge C/N-Verhältnis des Grases im Vergleich zu Mais. Bei der Biogasproduktion können durch die Eigenschaften des Grases verursachte prozessbiologische Störungen auftreten, wie beispielsweise Hemmungen durch hohe Ammoniakkonzentrationen, Defizite in der Spurenelementversorgung sowie schlechter Strukturabbau aufgrund mangelnder Hydrolyse des organischen Materials. Durch geeignete Prozessführung können diese Störungen vermieden bzw. behoben werden.

Gefördert vom:



Koordiniert vom:



Wissenschaftlich  
begleitet vom:



## Einleitung

Als Alternative zur Verwertung von Gras als Futter in der Milchviehhaltung gewinnt der Einsatz von Gras als Substrat in landwirtschaftlichen Biogasanlagen zunehmend an Bedeutung, besonders in Grünlandregionen. Dabei macht Grassilage derzeit nach Maissilage massebezogen den zweitgrößten Anteil an pflanzlichen Inputstoffen aus und findet in mehr als 50 % der deutschen landwirtschaftlichen Biogasanlagen Verwendung, mit steigender Tendenz [1].

Die Vorteile der Grünlandnutzung sind vielseitig. Neben positiven Effekten der Grünlandnutzung auf Nährstoff- und Humusbilanz des Bodens im Vergleich zu Ackerbaukulturen tragen Grünlandflächen als Kohlenstoffsenke zum Klimaschutz bei und sind erhaltungswürdiger Teil unserer Kulturlandschaft.

Umso höher der Grasanteil in der Futterration der Biogasanlage, umso stärker beeinflusst das Gras die Milieueigenschaften des Gärsubstrates und letztendlich die Methanproduktion. Die Merkmale der Prozessbiologie bei grasbetonter Vergärung, ihre Probleme und Lösungsansätze sollen in dieser Zusammenfassung näher erläutert werden.

## Laboranalytik

Die im Folgenden beschriebenen Effekte von Grasvergärung auf die Biologie in landwirtschaftlichen Biogasanlagen resultieren aus Laboranalysen und praktischen Erfahrungswerten des Labors der Fa agriKomp GmbH. Das seit 2006 bestehende Labor betreut inzwischen europaweit über 400 Biogasanlagen. Zur Überwachung der Prozessbiologie werden folgende Parameter des Gärsubstrates analysiert: pH-Wert, FOS/TAC, Konzentration der kurzkettigen Carbonsäuren (C2-C6), Ammoniumstickstoff (NH<sub>4</sub>-N), Trockensubstanzgehalt, organischer Trockensubstanzgehalt, elektrische Leitfähigkeit, Konzentrationen von Spurenelementen. Die verwendeten Daten beziehen sich auf das Gärsubstrat von Nassvergärungsanlagen aus Rührkesselfermentern der ersten Vergärungsstufe.

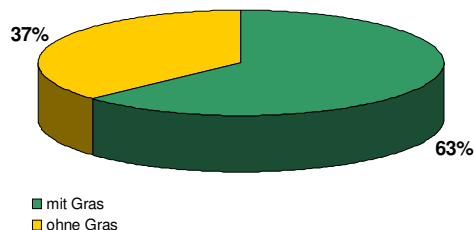


Abb.1: Anteil der agriKomp Laborkunden die Gras als Biogassubstrat verwenden

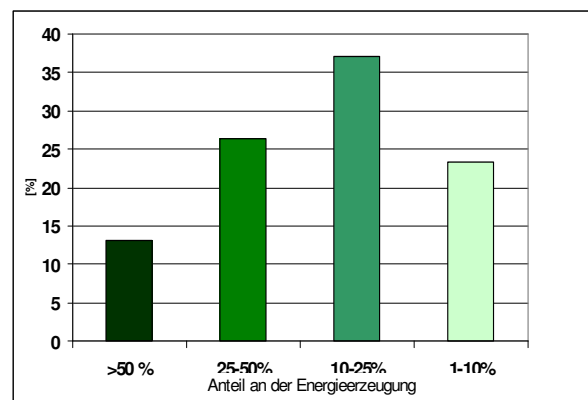


Abb.2: Prozentualer Anteil der Laborkunden mit Grasverwertung in Biogasanlagen nach Anteil des Grases an der Energieerzeugung

## Eigenschaften von Gras

Gras kann in Wiesenrasen von bewirtschaftetem Grünland, Klee-Gras und Landschaftspflegegras aus der Garten-, Landschafts-, Straßenrand- und Waldpflege unterschieden werden. Letzteres enthält häufig einen hohen Anteil an Lignin und ist deshalb nur bedingt zur Vergärung in Biogasanlagen geeignet. Gras kann in seinen Eigenschaften stark variieren. Artenzusammensetzung, natürliche Standortfaktoren, Grünlandmanagement, Schnitzeitpunkt und -häufigkeit sowie Häcksellänge und Silierung beeinflussen die Futterqualität des Grases und haben folglich auch Auswirkungen auf dessen Biogaserträge [2].

Tab.1: Eigenschaften von Grassilage und Maissilage im Vergleich [3,4]

	Grassilage	Maissilage
Trockensubstanzgehalt (TS) [%]	22-55	24-37
org. Trockensubstanzgehalt (oTS) [% der TS]	85-94	95-99
Lignocellulose [g/kg TS]	177-435	126-269
Lignin [g/kg TS]	11-78	9-24
C/N-Verhältnis	13,2-40,5	26,5-51,5

In den meisten Fällen findet Gras in Form von Grassilage Verwendung als Substrat in landwirtschaftlichen Biogasanlagen [1]. Im Vergleich mit Maissilage weist Grassilage breitere Spektren und höhere Gehalte an Trockensubstanz, Lignocellulose und Lignin auf. Dieser erhöhte Strukturanteil von Gras im Gegensatz zum Mais bewirkt einen langsameren anaeroben Abbau des Grases, wie in Abbildung 3 ersichtlich. Niedrigere oTS- bzw. höhere Rohaschegehalte in der Grassilage sprechen für einen höheren Verschmutzungsgrad mit Boden in Folge der Ernteverfahren. Die durchschnittlichen Aschegehalte liegen meist über 100 g/kg TM und etwa 7 % über denen von Maissilage [5].

Die Methanerträge von Gras können große Unterschiede aufweisen, es werden Ausbeuten zwischen 128 bis 520 l CH<sub>4</sub>/kg oTS für Grünland genannt [6]. In von agriKomp durchgeführten Batchversuchen nach VDI 4630 zur Feststellung des Methanbildungspotentials lagen die spezifischen Methanausbeuten aus Grassilage durchweg zwischen 288 und 356 NI CH<sub>4</sub>/kg oTS.

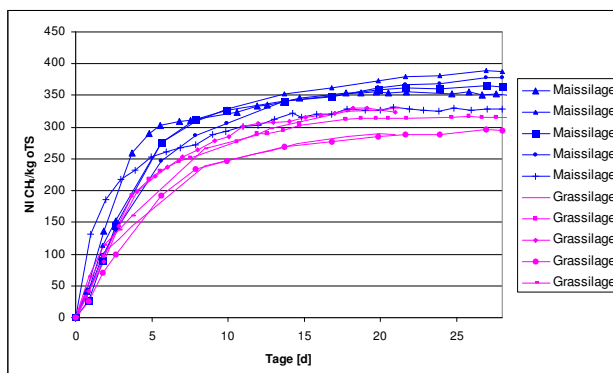


Abb.3: kumulierte Methanertragskurven von Maissilagen und Grassilagen in Batchtests nach VDI 4630

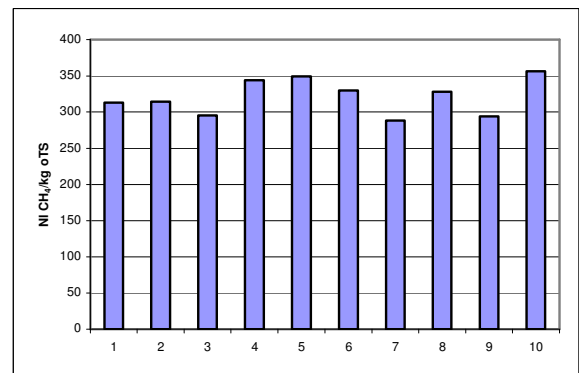


Abb.4: Methanerträge von ausgewählten Grassilagen in Batchtests nach VDI 4630

### Eigenschaften des Gärsubstrates

Gärsubstrat landwirtschaftlicher Biogasanlagen, in denen Gras die Hauptkomponente des Futters darstellt, weist andere Eigenschaften auf, als das maisbasierter Vergärung. Je höher der Anteil an Gras, desto stärker werden die Unterschiede ersichtlich. Im Folgenden soll auf die auffälligsten Merkmale grasbasierter Vergärung näher eingegangen werden.

Tab.2: Erfahrungswerte des Gärsubstrates mit mehr als 50 % Grassilageanteil bzw. 50 % Maissilageanteil in der Futterration im Vergleich

	Grassilage	Maissilage
pH-Wert	7,7-8,3	7,2-7,7
Ammoniumstickstoff (NH <sub>4</sub> -N) [mg/l]	> 2500	< 2500
Total Anorganic Carbon (TAC) [mg/l]	> 15000	< 15000
Trockensubstanzgehalt (TS) [%]	> 10,5	< 10,5
el. Leitfähigkeit [mS/cm]	> 25	< 25

Die Milieuunterschiede bei Grasvergärung werden besonders in den Messparametern pH-Wert, Ammoniumstickstoff (NH<sub>4</sub>-N), Total Anorganic Carbon (TAC), Trockensubstanzgehalt (TS) und elektrischer Leitfähigkeit deutlich. Das niedrige C/N-Verhältnis des Grases resultiert in Ammoniumstickstoffkonzentrationen von über 2500 mg pro Liter Gärsubstrat. Da bei der Titration des TAC-Wertes der Ammoniumstickstoff miterfasst wird, vergrößert sich dieser in Abhängigkeit der NH<sub>4</sub>-N-Konzentration [7]. Ammoniumionen sind zudem Teil des Ammoniakpuffers, der zwischen pH 8,2 und 10,2 puffert und somit einen erhöhten pH-Wert im Gärsubstrat verursacht. Ein weiterer Effekt grasbasierter Fütterung von Biogasanlagen zeigt sich in einer hohen elektrischen Leitfähigkeit von über 25 mS/cm. Je nach Qualität des Grases, stellt sich bei hohem Grasanteil meist ein Trockensubstanzgehalt von über 10,5 % im Gärsubstrat ein. Dieser ist auf den höheren Strukturanteil des Grases zurückzuführen.

### Mögliche Probleme grasbasierter Vergärung und Lösungsansätze

Als prozessbiologische Störungen bei grasbasierter Vergärung können Hemmungen durch hohe Ammoniakkonzentrationen, Defizite in der Spurenelementversorgung sowie mangelnder Strukturabbau auftreten.

### **Ammoniakhemmung**

Das enge C/N-Verhältnis von Gras bewirkt hohe Ammonium- und auch Ammoniakkonzentrationen im Gärsubstrat. Es besteht ein chemisches Gleichgewicht zwischen dem Ammoniak und den Ammoniumionen, dessen Verhältnis von pH-Wert und Temperatur abhängig ist. Es ist bekannt, dass bei hohen Ammoniumkonzentrationen im Gärsubstrat prozessbiologische Hemmungen auftreten können, die der toxischen Wirkung des Ammoniaks zugeschrieben werden. Symptome dieser prozessbiologischen Störung sind Anreicherungen kurzkettiger Carbonsäuren, vor allem der Propionsäure, und verminderte Biogaserträge. In der Praxis ist bei Temperaturen bis 42 °C und maximal 4500 mg/l Ammoniumstickstoff bzw. bis 48 °C und maximal 4000 mg/l Ammoniumstickstoff sehr selten mit Ammoniakhemmung zu rechnen. Diese Richtwerte sind aus der Praxis gewonnene Erfahrungswerte. Es kommt vor, dass diese Konzentrationen in Fällen auch überschritten werden können, ohne dass Symptome einer Ammoniakhemmung auftreten. Genaue Hintergründe hierzu sind noch nicht erforscht, man vermutet eine hohe Adaptionsfähigkeit der Methanbakterien. Im Falle des Auftretens einer Ammoniakhemmung können u.a. folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Änderung der Fermentertemperatur (z.B. Änderung von thermophil auf mesophil)
- Zugabe von Additiven die eine Verschiebung des chem. Gleichgewichtes des Ammoniakpuffers herbeiführen können
- Änderung der Substratanteile im Futter

### **Spurenelementmangel**

Methanogene Bakterien haben hohe Ansprüche an die Versorgung mit Spurenelementen. Als essentielle Spurenelemente, die in landwirtschaftlichen Biogasanlagen häufig in zu niedrigen Konzentrationen vorliegen, können u.a. Kobalt, Nickel, Selen und Molybdän genannt werden. Spurenelementmängel sollten anlagenindividuell ausgeglichen werden, um diese gezielt und schnell zu beheben. Von einer nicht angepassten und übermäßigen Spurenelementsupplementierung ist abzuraten. Dabei könnte die Umwelt unnötig belastet werden und zudem könnten toxische Spurenelementkonzentrationen im Gärsubstrat auftreten. Die Spurenelementversorgung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen ist abhängig von den verwendeten Inputstoffen. Biogasanlagen, die hohe Anteile an Gras in der Futterration enthalten, können ebenfalls Spurenelementmängel aufweisen. Für die Spurenelementversorgung der Bakterien ist nicht nur die Konzentration, sondern auch die Verfügbarkeit der Spurenelemente wichtig. Diese kann bei hohem Grasanteil herabgesetzt sein, da proteinreiches Gras verstärkt Schwefelverbindungen enthält, die mit Spurenelementen zu nicht bioverfügbaren Metallsulfiden ausfällen können.

### **Hemmung der Hydrolyse**

Hohe Anteile strukturreichen Grases resultieren in hohen Trockensubstanzgehalten des Gärsubstrates. Aufgrund des erhöhten pH-Wertes kann es zusätzlich vorkommen, dass die Substrate aufgrund mangelnder Hydrolyse schlecht abgebaut werden. Hydrolysierende Bakterien haben ihr Optimum bei einem pH-Wert zwischen 4,5 und 6,3 [8]. Als Folge kann es im Fermenter zu Bildung von Schwimm- und Sinkschichten sowie Entmischung oder schlechter Rührfähigkeit des Gärsubstrates kommen. In solchen Fällen ist die Überprüfung prozessbiologischer Parameter anzuraten. Eine Anreicherung kurzkettiger Carbonsäuren deutet auf eine prozessbiologische Störung hin, die für den schlechten Abbau verantwortlich sein kann. Falls keine Anreicherung vorliegt, könnte mangelnde Hydrolyse aufgrund des hohen pH-Wertes grasbasierter Vergärung ausschlaggebend für den schlechten Abbau der Substrate sein.

Folgende Maßnahmen können die Hydrolyse intensivieren:

- Änderung der Fermentertemperatur (von mesophil auf thermophil, nur zu empfehlen bei stabiler Prozessbiologie unter Beachtung der Grenzwerte des Ammoniumstickstoffes)
- Zugabe von Additiven, die eine Verschiebung des chem. Gleichgewichtes des Ammoniakpuffers herbeiführen können
- Zugabe von hydrolytischen Enzymen
- Substrate möglichst kurz häckseln oder aufschließen

### **Fazit**

Bei der Verwendung großer Grasanteile in der Futterration ist mit einem grasbedingtem Milieu des Gärsubstrates zu rechnen, auf das die Prozessführung und die bautechnische Ausstattung der Biogasanlage angepasst sein sollten. Da Störungen wie beispielsweise Ammoniakhemmung, mangelnde Hydrolyse oder Spurenelementmangel auftreten können, sollte der Biogasprozess regelmäßig prozessbiologisch überwacht werden. Prinzipiell sollte bei der Verwendung von Gras in Biogasanlagen auf eine gute, nicht zu stark verholzte Qualität des Grases geachtet werden. Stark verholztes Landschaftspflegematerial ist nicht für die Vergärung in Biogasanlagen geeignet.

## Literatur

- [1] DBFZ: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energie-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Zwischenbericht an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit , DeutschesBiomasseForschungszentrum (DBFZ), Leipzig, März 2010
- [2] Prochnow, A.; Heiermann, M.; Idler, C.; Linke E, B.; Mähnert, M. ; Pöchl, M.: Biogas vom Grünland: Potenziale und Erträge. Gas aus Gras und was noch?; Schriftenreihe des Deutschen Grünlandverbandes, Berlin, H. 1 (2007), S. 11-22.
- [3] Schuster, S.: Neue Analysen für Raufutter; UFA-REVUE, 01 (2008), S. 48-49.
- [4] Effenberger, M.; Andrade, D., Bachmaier, H.; Lebhuhn, M.; Marin-Peréz, C., Spatz, A.: Verfahrenstechnik der Grasvergärung: Technik, Gärprozess, Klimabilanz.; Tagungsband, 20. Jahrestagung des Fachverband Biogas e.V. 11.-13.1.11 in Nürnberg (2011), S. 29-37.
- [5] Nussbaum, H.: Dreck macht nicht fett - Verschmutzung bei Grassilage; (Zugegriffen 21.02.2011 auf [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB//show/1203154\\_11/LAZBW32\\_Verschmutzung%20bei%20Grassilagen.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB//show/1203154_11/LAZBW32_Verschmutzung%20bei%20Grassilagen.pdf))
- [6] Kaiser, F.: Einfluss der stofflichen Zusammensetzung auf die Verdaulichkeit nachwachsender Rohstoffe beim anaeroben Abbau in Biogasreaktoren; Dissertation, TU München, 2007
- [7] Gronauer, A.; Effenberger, M.; Kaiser, F.; Metzner, T.: Sicherung der Prozessstabilität in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, LfL-Information, Freising-Weihenstephan, 2007
- [8] Wellinger A.; Baserga U.; Edelmann W.; Egger K.; Seiler B.: Biogas Handbuch – Grundlagen – Planung – Betrieb landwirtschaftlicher Anlagen, 2. überarbeitete Auflage, Verlag Wirz, Aarau, 1991