

**DLG-Merkblatt 386**

# Biogas aus Gras

Wie Grünlandaufwüchse zur Energieerzeugung beitragen können



# DLG – weil Betriebserfolg im Kopf beginnt!



### **Merkblätter – Sicherheit für Ihre Entscheidungen!**

Über 100 Merkblätter und Arbeitsunterlagen für die tägliche Praxis im Betrieb.

→ [www.DLG.org/Merkblaetter](http://www.DLG.org/Merkblaetter)

### **Prüfberichte – Erst informieren, dann investieren!**

2.000 Prüfberichte über Technik und Betriebsmittel.

→ [www.DLG-Test.de](http://www.DLG-Test.de)

### **DLG-Fachausstellungen: Ideen – Impulse – Innovationen**

Freier Eintritt zu den DLG-Fachausstellungen EuroTier, EnergyDecentral, AGRITECHNICA, DLG-Feldtage, DLG-Waldtage, PotatoEurope.

### **Tagungen**

Das breite Themenspektrum der DLG-Veranstaltungen reicht vom Zukunftsforum bis zu den praxisnahen Fachtagungen.

→ [www.DLG.org/Veranstaltungen](http://www.DLG.org/Veranstaltungen)

### **Managementprogramme und Seminare – Know-how für die Betriebsführung**

Das Weiterbildungsangebot der DLG-Akademie: Managementprogramme, Seminare und Workshops.

→ [www.DLG-Akademie.de](http://www.DLG-Akademie.de)

### **Nachwuchsförderung**

Umfangreiches Angebot für Nachwuchskräfte: DLG-KarriereKompass.de, Berufs- und Karriereplanung, Agrarpraktikum.de, Nachwuchs-Förderpreise, Hochschul-Fachveranstaltungen, Trainee Programm.



**Jetzt anmelden unter:  
[www.DLG.org/Mitgliedschaft](http://www.DLG.org/Mitgliedschaft)**

# DLG-Merkblatt 386

## Biogas aus Gras

Wie Grünlandaufwüchse zur Energieerzeugung beitragen können

Autoren:

- Prof. Dr. Martin Elsässer, Jörg Messner, Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg, Aulendorf
- Ulrich Keymer, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik, München
- Dr. Reinhard Roßberg, Dr. Frank Setzer, Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft, DLG e. V., Frankfurt am Main
- In Zusammenarbeit mit den Mitgliedern der DLG-Ausschüsse „Grünland und Futterbau“ und „Biogas“

Alle Informationen und Hinweise ohne jede Gewähr und Haftung.

Herausgeber:

DLG e. V.  
Fachzentrum Landwirtschaft  
Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main

2. Auflage, Stand 11/2012

© 2015

Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder – auch für den Zweck der Unterrichtsgestaltung – nur nach vorheriger Genehmigung durch DLG e. V., Servicebereich Marketing, Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main, Tel.: +49 69 24788-209, M.Biallowons@DLG.org

## **Inhalt**

<b>1. Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2. Grünlandaufwüchse als Gärsubstrat</b>	<b>5</b>
2.1 Spezifische Eigenschaften, generelle Eignung, Erträge	6
2.2 Ernteverfahren, Konservierung, Lagerung	9
2.3 Aufbereitung und Dosierung	12
<b>3. Vergärung und Gaserträge</b>	<b>12</b>
<b>4. Wirtschaftlichkeit</b>	<b>14</b>
4.1 Substratkosten von Grassilage	14
4.2 Wirtschaftlichkeit von Grasvergärungsanlagen	16
<b>5. Gärrestverwertung im Grünland</b>	<b>20</b>
<b>6. Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>21</b>
<b>7. Quellenverzeichnis</b>	<b>21</b>

## **1. Einleitung**

Die Anforderungen an die Grünlandbewirtschaftung zur Erzeugung hochwertigen Grundfutters in der Rinderhaltung erfordern eine angemessen hohe Intensität der Bewirtschaftung, die aktuell durch hohe Preise für Eiweißfuttermittel an Bedeutung gewinnt. Da aber bereits mit den ersten beiden Schnitten der Bedarf an Grundfutter in Menge und Qualität häufig befriedigt werden kann und in den letzten Jahren die Rinderbestände in vielen Milchviehregionen durch Leistungssteigerung rückläufig sind, fallen jährlich erhebliche Mengen an Grüngut an, die nicht mehr für die Tierhaltung benötigt werden und oft keiner sinnvollen Nutzung zugeführt werden können. Auch darf das Dauergrünland aus umweltökologischen Gründen nicht ohne weiteres umgebrochen und einer anderen Nutzung zugeführt werden. „Zweimal schneiden – und was dann?“ war daher bereits 1998 die Frage zur DLG-Grünlandtagung.

Bundesweit hat der Ausbau von landwirtschaftlichen und durch nachwachsende Rohstoffe betriebenen Biogasanlagen (BGA) stark zugenommen. Regional macht sich mittlerweile Substratmangel bemerkbar. Auch wenn Silagemais die momentan am besten geeignete Pflanze darstellt, muss das Substrat für Biogasanlagen nicht zwangsweise ackerbaulich erzeugt werden. So kann die auf den Grünlandstandorten anfallende Biomasse in Biogasanlagen als Substratergänzung zur dezentralen Energieerzeugung dienen.

## **2. Grünlandaufwüchse als Gärsubstrat**

Deutschlandweit werden heute schon 30 – 40 % der Biogasanlagen mit Gras oder Grassilage als Co-Substrat betrieben. Dabei werden durchschnittlich 8 % Grassilage als Masseanteil am Gesamtsubstrat ausgewiesen. In Baden-Württemberg sind es durchschnittlich 20 %. In Regionen mit hohem Grünlandanteil, liegen die Anteile sogar weit über 50 %. BGA, die zu 100 % Grünlandaufwüchse einsetzen, sind allerdings nur vereinzelt zu finden.

## 2.1 Spezifische Eigenschaften, generelle Eignung, Erträge

Für eine kostengünstige Biogasproduktion mit Grasaufwüchsen werden in der Regel gut mechanisierbare und intensiv bewirtschaftete Flächen benötigt. Damit steht einerseits die Nutzung der Aufwüchse als Biogassubstrat in einer direkten Konkurrenz zur Futternutzung in der Milchviehhaltung, andererseits ist gerade für Betriebe mit der Kombination Biogas und Milch die Verwertung der Grasaufwüchse in einer Biogasanlage besonders attraktiv. Die ersten Aufwüchse haben aufgrund ihres hohen Energie- und Rohproteingehaltes eine sehr hohe Futterqualität. Damit sind sie besonders in der Milchviehfütterung von Bedeutung. Die qualitativ nicht so hochwertigen Folgeaufwüchse werden von den Tieren schlechter verwertet, können jedoch in der Biogasanlage von den Mikroorganismen gut abgebaut werden. Durch diese Kombination ist es möglich, die Konkurrenzsituation zu entschärfen und je nach Qualität des Ernteproduktes durch zielgerichtete Koordination beide Verwertungsrichtungen zu bedienen.

Die Vergärbarkeit und damit die Geschwindigkeit und das Ausmaß der Methanbildung in der Biogasanlage, werden durch die chemische Zusammensetzung des Pflanzenmaterials beeinflusst. Die Mikroorganismen können nur die organische Trockensubstanz (oTS) in Biogas umsetzen wobei einfache Moleküle, wie Saccharose (Zucker) im Vergleich zu komplexeren Verbindungen wie Cellulose und Hemizellulose, schnell abgebaut werden.

**Tabelle 1:** Inhaltsstoffgehalte von Gras im Vergleich zu Mais

		Grassilage	Maissilage
TS	[%]	22 – 55	24 – 37
oTS	[% der TS]	85 – 94	95 – 99
ADF	[g/kg TS]	177 – 435	126 – 269
ADL	[g/kg TS]	11 – 78	9 – 24
Stickstoff	[%]	1,1 – 3,4	0,1 – 1,7
C/N-Verhältnis		ca. 11	ca. 55

Bei längerer Verweildauer in der Biogasanlage kann auch die langsam abbaubare Substanz noch gut verwertet werden. Substrate mit einer geringen Energiedichte von unter fünf MJ NEL können damit auch noch eine zufrieden stellende Gasausbeute erreichen. Hinsichtlich des spezifischen Methanertrages ist die Aussagekraft der Energiedichte in

MJ NEL (Netto-Energie-Laktation) von geringer Bedeutung und die höheren Rohfasergehalte von Gras (Tabelle 1) führen nicht zwingend zu geringeren Methanerträgen [4]. Entscheidend sind die Verweilzeit des Gärsubstrates in der Biogasanlage und der Anteil an Lignin, welches nicht in Biogas umgesetzt werden kann.

Neben diesen Kriterien ist ebenfalls die Substratqualität von Bedeutung, wie auch die Anlagentechnik und die Prozessführung. Einen Einfluss auf die Substratqualität haben das Grünlandmanagement sowie die anschließende Konservierung. Wichtige Faktoren, die es zu steuern und zu überprüfen gilt, sind dabei die Vegetationszusammensetzung, der Schnitzeitpunkt, die Häcksellänge und der Einsatz von Siliermitteln.



**Abbildung 1:** Die Narbenzusammensetzung hat Einfluss auf die Biogausausbeute [1]

Bei einem hohen Einsatz von rohfaserreicherem Substrat müssen spezifische Eigenschaften beachtet werden, die eine Anpassung der Anlagentechnik verlangen. Um die Grassilage besser in den Fermenter einzubringen und um Prozessstörungen infolge von Schwimmschichtenbildung zu vermeiden, sollte das Grassubstrat vor der Einbringung in die Anlage möglichst zerkleinert werden. Dosierer müssen substratauflockernd arbeiten, Schnecken und Steigrohre einen ausreichenden Durchmesser besitzen und Wege möglichst keine oder weite Biegungen enthalten, um Verstopfungen vorzubeugen. Im Fermenter selbst sind langsam laufende Rührwerke vorzuziehen. Insgesamt ist mit einem höheren Eigenstromverbrauch durch den höheren Rühraufwand und stärkerem Verschleiß zu rechnen. Im Vergleich zum Mais ist bei Grasschnitten der Erd- und Steinanteil erfahrungsgemäß höher. Dementsprechend ist es von Bedeutung, die Technik vor Anschaffung bzw. vor dem Einsatz von rohfaserreichen Substraten auf ihre Eignung hin zu überprüfen.

Die enge Korrelation des Trockenmasse-(TM)-Ertrags mit den Methanerträgen/ha erfordert für eine wirtschaftliche Verwertung ertragreiches Grünland. Dazu dient generell eine standortgerechte Bestandesführung, für die die gleichen Kriterien wie bei der Futterproduktion in der leistungsgerechten Milchviehhaltung gelten.



**Abbildung 2:** Grünland kurz vor der Mahd [1]

Neben standortangepassten Sorten, Arten und Mischungen gehören alle ertragssteigernden Maßnahmen wie Düngung, Pflege und die Gestaltung des Schnittregimes zu einer erfolgreichen Bewirtschaftung (siehe auch DLG Merkblatt 328). Gleichzeitig sollte der Rohaschegehalt minimiert werden. Dementsprechend sind die altbekannten Regeln der Grünlandpflege (Schleppen und Walzen) einzuhalten, das Vermeiden von Narbenverletzungen (z. B. durch Befahren zur falschen Zeit, durch richtige Einstellung der Arbeitswerkzeuge) und/oder die Arbeitshöhe bei den Erntearbeiten allgemein. Eine der wichtigsten Einflussgrößen auf den TM-Ertrag ist, neben den Standortfaktoren, die botanische Zusammensetzung des Grünlandes. Als besonders geeignet erwiesen sich in Versuchen die in Tabelle 2 aufgeführten Gräser bzw. Mischungen. Aber auch andere Obergräser (Rohrschwingel, Weißes Straußgras, und Rohrglanzgras haben mit ein hohes Ertragspotenzial und erbringen hohe Methanerträge.

**Tabelle 2:** Trockenmasseerträge Grünland/Mais (WURTH, 2008)

Substrat	TM-Ertrag/a [dt/ha]
Knautgras	110 – 168
Dt. Weidelgras	80 – 139
Kleegrasmischung	118 – 194
Silomais	181 – 214

Anders als bei der leistungsorientierten Milchviehfütterung ist der Zusammenhang zwischen Inhaltsstoffgehalten und Methanertrag geringer als zwischen Ertrag und Methanertrag. Optimierungsmöglichkeiten liegen vor allem in der Organisation des Schnittregimes. Im Vergleich zur Milchverfütterung ist es häufig möglich die Nutzungsfrequenz um einen Schnitt zu verringern, auch der optimale Schnitttermin kann sich, je nach Alterungsgeschwindigkeit des Bestandes nach hinten verschieben (insbesondere bei Wiedelgräsern).

Neben den Grasaufwüchsen von intensiv bewirtschafteten Flächen fällt in vielen Betrieben Schnittgut von Flächen an, welche sehr extensiv genutzt werden und für die keine Nutzungskonkurrenz auftritt, da eine Verwendung in der Milchviehfütterung nicht in Frage kommt. Dazu zählt z. B. Grünland mit FFH-Lebensraumtypen (z. B. Flachland-Mähwiesen oder Berg-Mähwiesen), welches aus naturschutzrechtlichen Gründen nicht weiter intensiviert werden darf und dessen Nutzung erst sehr spät erfolgen kann. Landschaftspflegematerial kann ebenfalls als Substrat für Biogasanlagen dienen. Aufwüchse solcher Flächen verlieren ca. 10 – 20 % der Methanausbeute gegenüber Schnitten von intensiv genutzten Flächen. Mit einem späten Schnitttermin steigt der Verholungsgrad im Substrat stark an und damit der Ligninanteil. Durch diesen Prozess wird die Methanausbeute negativ beeinflusst und die Nutzung des Substrates für die Biogasanlage stark beschränkt.

## 2.2 Ernteverfahren, Konservierung, Lagerung

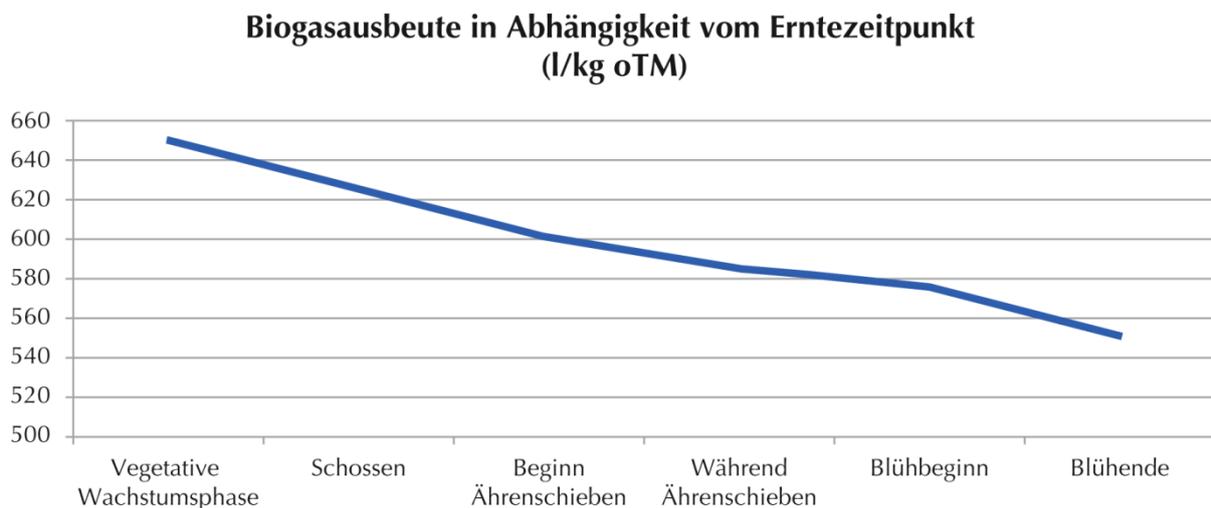
Für die Silierung von Grünlandaufwuchs sind mehrere Arbeitsschritte notwendig. Die komplette Prozesskette umfasst den Schnitt, die Bergung, den Transport und die Konservierung.

Der optimale Schnitttermin von Grünland für die Biogasproduktion sollte 3 – 4 Tage nach dem für die Nutzung für Milchvieh liegen [1]. Um später den Verschmut-

zungsgrad im Fermenter (Sand) möglichst gering zu halten, ist bei der Ernte eine Schnitthöhe von 7 cm nicht zu unterschreiten und die Stellung der Arbeitswerkzeuge beim Wenden und Schwaden zweckmäßig anzupassen. Das verringert auch die Narbenschädigung und fördert das Nachwachsen der Bestände. Dieser spätere Störfaktor ist bereits bei der Pflege des Grünlands zu beachten (z. B. Abschleppen von Maulwurfhügeln oder Wühlmaushaufen).

Ein zum Erntezeitpunkt hoher Zuckergehalt gewährleistet einen hohen Energiegehalt (6,4 MJ NEL/kg TM) in der Trockenmasse.

Durch eine kurze Häcksellänge (5 – 7 mm) wird das Grüngut optimal für die Silierung und die Verdaulichkeit im Fermenter vorbereitet. Hier gibt es eine Vielzahl von Techniken und Prozesskombinationen.



**Abbildung 3:** Biogasausbeute von Grünlandaufwuchs in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt [Lütke-Entrup, Gröblichhoff, 2005]

Üblicherweise werden Grasaufwüchse für Biogasanlagen als Silage konserviert. Ähnlich wie in der Milchviehfütterung ist eine gute Silagequalität (Tabelle 3) von hoher Relevanz, da fehlvergorene Silage zu massiven Verlusten der Biogasausbeute gegenüber hochwertiger Silage führt. Neben dem Zuckergehalt kommt es auch auf den die Verdichtbarkeit beeinflussenden Rohfasergehalt der Grünlandaufwüchse an. Beides lässt sich durch den optimalen Schnittzeitpunkt beeinflussen.

**Tabelle 3:** Anzustrebende Gehalte in Grassilagen (nach DLG, 1999; SPIEKERS, 2004)

Parameter		Grassilage
Trockenmasse	%	30 – 40
Rohasche	% i. d. T.	< 10
Rohfaser	% i. d. T.	22 – 25

Bei der Silierung wird Zucker durch anaerobe Mikroorganismen in Milchsäure umgewandelt. Wichtig für den Silierungsprozess ist dementsprechend ein sorgfältiger Luftabschluss des Substrats, worauf bereits während des Befüllens und Verdichtens zu achten ist. Die Verdichtung des Silos wird u. a. durch eine kurze Häcksellänge des Gärgutes von 5 – 7 mm verbessert, auch die spätere Abbaubarkeit im Fermenter wird dadurch positiv beeinflusst, da den Bakterien eine größere Angriffsfläche geboten wird.

Das am häufigsten genutzte Verfahren zur Konservierung von Anwelksilage ist die Flachsiloteknik. Flachsilos lassen sich schnell befüllen und ein intensives Verdichten der Silage ist möglich. Wichtig bei der Einlagerung ist es, zügig zu arbeiten und auf eine ausreichende kontinuierliche Verdichtung zu achten. Die Verdichtung soll bei einer frisch eingebrachten Schicht von max. 30 cm erfolgen, wobei als Faustzahl ein Meter Silolänge je Kubikmeter Ladevolumen gilt. Wenn aufgrund hoher Erntemengen die Verdichtungszeit von 2 – 3 min/t Siliergut überschreitet, sollte mit zwei Fahrzeugen verdichtet werden. Um einen qualitativ guten Gärprozess zu gewährleisten, sollte die Lagerungsdichte, abhängig vom TM-Gehalt, 200 bis 210 kg TM/m<sup>3</sup> betragen. Die Prozesse des Verdichtens und des Häckselns tragen dazu bei, unerwünschte Mikroorganismen (Hefen, Pilze und Bakterien) zu unterdrücken.

Das Erntegut sollte auf einen Trockensubstanzgehalt von mindestens 30 % angewelkt werden, bei hohen Silostapeln sind über 30 % wirkungsvoller. Wird jedoch zu stark angewelkt, hemmt dies die Bildung der Milchsäure und der pH-Wert sinkt nicht ausreichend ab. Aus diesem Grund werden kurze Feldperioden von maximal 35 Stunden empfohlen.

Um eine Nacherwärmung oder Schimmelbildung zu vermeiden sind neben der vollständigen Verdichtung, eine gute Abdeckung und eine sachgerechte Entnahme besonders wichtig.

Hohe Sandgehalte bzw. ein hoher Verschmutzungsgrad des Substrates sind, neben den bereits genannten Nachteilen, einer guten Vergärung abträglich. Um die Qualität des Erntegutes weitgehend zu erhalten, können Siliermittel eingesetzt werden.

Diese wirken auf den Gärungsprozess ein, unterdrücken unerwünschte Mikroorganismen und senken Nährstoffverluste. Biologische Zusätze wie Milchsäurebakterien beschleunigen die Milchsäuregärung, chemische Zusätze wie organische oder anorganische Salze und Säuren hemmen Fehlgärungen und schränken die Gärungsintensität ein. Aber auch der Gehalt an Kohlenhydraten für die Milchsäurebakterien kann über die Zugabe von Enzymen oder zuckerhaltigen Mitteln gesteuert werden. Durch den Einsatz von Siliermitteln wird nicht nur die Gärqualität verbessert, sondern auch der Umsatz des Substrates in der Biogasanlage gefördert. Durch zuckerhaltige Zugaben verfügen die Mikroorganismen in der Biogasanlage über zusätzliche Nahrung, Enzympräparate verbessern den Aufschluss der organischen Substanz und durch Säuren werden Mikroorganismen gefördert oder gehemmt. Aber auch hier ist zwischen Aufwand und Nutzen abzuwägen.

### **2.3 Aufbereitung und Dosierung**

Um den Mikroorganismen in der Biogasanlage eine größere Angriffsfläche zu bieten und dadurch den Abbau des Substrates zu verbessern und zu beschleunigen, sollte das Substrat entsprechend aufbereitet werden. Durch eine kurze Häcksellänge des Grüngutes wird eine optimale Voraussetzung für die Mikroorganismen geschaffen.

### **3. Vergärung und Gaserträge**

Die Vergärung von Grünlandaufwüchsen hat, im Vergleich zu der anderer Substrate, höhere Ansprüche an die Prozessparameter (z. B. Verweilzeit, Temperatur). Die Gesamtverweilzeit liegt zwischen 100 und 150 Tagen. Eine thermophile (50 – 55 °C) Prozessführung erhöht die Aktivität der Mikroorganismen und verbessert die Rührfähigkeit aufgrund des schnelleren Substratabbaus. Mit steigender Temperatur gehen aber auch zunehmend die Anteile des Ammoniumstickstoffs zum prozesshemmenden Ammoniak über. Ebenfalls reagiert der Vergärungsprozess (aufgrund weniger Arten methanogener Mikroorganismen) empfindlicher gegenüber Störungen. So wirkt sich hier eine zu hohe Temperatur negativ auf die Prozessstabilität aus. Wichtiger für die Stabilität des Vergärungsprozesses ist ein konstantes Temperaturniveau.

Für die Anlagenkonzepte ist deshalb eine Prozesstemperatur von 40 °C zu empfehlen [6].

Die substratspezifische Ausbeute an Methan (CH<sub>4</sub>) liegt für Grünlandsubstrate bei durchschnittlich 300 Normliter (NI) pro Kilogramm organischer Trockenmasse (oTM). Es werden Spannweiten von ca. 200 – 400 CH<sub>4</sub>/kg oTM genannt. Die Methanerträge von Mais liegen im Mittel bei 370 NI/kg oTM und damit durchschnittlich um rund 20 Prozent höher als die Erträge der Grünlandsubstrate.

**Tabelle 4:** Substratspezifische Parameter (Richtwerte)

Substrat	TS [%]	oTS [%]	GAS [NI/kg oTS]	Methananteil [NI/kg oTS]
<b>Maissilage</b>	32	93	677	392
<b>Grassilage</b>	19 – 32	85 – 88	407 – 607	220 – 328
<b>Verschiedene Futtergräser</b>				
D. Weidelgras	25	87	570	302
W. Weidelgras	23	91	624	331
Wiesenrispe	27	92	624	331
Wiesenschwingel	24,8	90	626	332
Rotklee	17,6	84	633	342

Einen erheblichen Einfluss auf die Erträge hat, neben der Qualität der Silage und der Pflanzenzusammensetzung des Grünlands, das Schnittregime mit den Parametern Schnitthäufigkeit und Erntezeitpunkt. Der schlechter abbaubare Rohfaseranteil steigt mit späteren Ernteterminen. Da Biogasanlagen, wie bereits beschrieben, in der Lage sind, auch Aufwüchse mit einer etwas geringeren Energiedichte gut zu verwerten, stellt sich gegebenenfalls die Frage der sinnvollen Reduzierung der Schnittfrequenz, um Zeit und Kosten zu sparen. In der Praxis wird beobachtet, dass Biogasbetriebe die Nutzungsfrequenz von Grünland bereits um einen Schnitt reduzieren. Dabei werden häufig die Herbstaufwüchse zusammengefasst. Langjährige Untersuchungen des Landwirtschaftlichen Zentrums Baden-Württemberg (LAZBW Aulendorf) zeigen bei einer Reduzierung der Schnittfrequenz im Grünland von 5 auf 3 Schnitte kaum Methanrückgänge, während sich eine weitere Reduzierung der Nutzungshäufigkeit von drei auf zwei Schnitte negativ auswirkt.

## 4. Wirtschaftlichkeit

### 4.1 Substratkosten von Grassilage

Die Substratkosten sind neben den Baukosten die entscheidende Größe für den wirtschaftlichen Erfolg der Biogasanlage. Könnte Grünland beispielsweise für Milchvieh oder für die Heugewinnung genutzt werden, entstehen unter Umständen Opportunitätskosten, die durch die Biogasanlage gedeckt werden müssen. Häufig ist eine alternative Verwertung jedoch nicht vorhanden.

Die Kosten für die Grünlandbewirtschaftung setzen sich aus Pflege- und Erntekosten (darin enthalten sind alle anderen Kosten wie Pacht, Düngung, Maschinenkosten) zusammen. Anhaltswerte für die einzelnen Kostenpositionen sind in Tabelle 5 zusammengestellt. Die Pflegemaßnahmen wie Schleppen und Nachsaat sind nicht allgemein zu kalkulieren und hängen stark vom Zustand des Grünlands ab. Für das Abschleppen der Wiesen, ggf. Walzen und einer erste Mineraldüngergabe können rund 100 €/ha, also etwa 4 bis 5 €/t Grassilage angesetzt werden. Auch bei vollständiger Rückführung der Gärreste auf die Fläche kann eine moderate Stickstoffgabe sinnvoll sein, da unvermeidliche Stickstoffverluste ausgeglichen werden müssen und die Mineralisation des organischen Düngers für den ersten Aufwuchs zu spät einsetzt.

Die Substratkosten werden wesentlich durch die Ernte bestimmt. Insbesondere der letzte Schnitt ist aufgrund des meist geringen Ertrags unverhältnismäßig teuer. Dabei spielen die Angebotspreise und Leistungen des Lohnunternehmens eine wichtige Rolle für die Auswahl der individuell angepassten Erntekette, falls die Technik der Biogasanlage Alternativen zulässt.

Sofern längeres Halmgut keine negativen Auswirkungen auf die Prozessstabilität einer Biogasanlage aufweist, ist bei kurzen Transportwegen und vielen kleinen Schlägen der Ladewagen vorzuziehen. Reine Erntekosten von weniger als 12 €/t FM lassen sich bei Anwelksilage nur unter günstigsten Bedingungen erreichen. Allgemein bewegen sich die Erntekosten zwischen 12 und 30 €/FM. Entscheidend für eine kostengünstige Bergung ist eine gute Organisation und Abstimmung der Erntekette.

Bei den meisten Biogasanlagen kommt die Häckselkette zum Einsatz. Das Häckseln kostet in der Regel mindestens 4 €/t FM. Der Dieselverbrauch liegt in einer Größenordnung von 0,8 bis 1,0 l/t FM.

**Tabelle 5:** Anhaltswerte für Erzeugungskosten von Grassilage frei Eintrag einschließlich Lagerung und Gärrestverwertung

Kostenposition		Bedingungen	
		günstig	ungünstig
Wiesenpflege	€/t FM	1,5	2,5
Düngung	€/t FM	2,5	2,5
Mähen	€/t FM	3,0	4,0
(Wenden)	€/t FM	1,0	2,0
Schwaden	€/t FM	1,0	2,0
Häckseln	€/t FM	3,5	6,0
Transport	€/t FM	3,0	12
Verdichten	€/t FM	1,5	2,0
Siloabdecken	€/t FM	0,5	1,0
Verluste	€/t FM	2,5	4,0
Silo	€/t FM	3,0	4,5
Entnahme <sup>1</sup>	€/t FM	2,0	3,5
Gärrestausbringung	€/t FM	3,0	4,0
Gesamtkosten frei Eintrag <sup>2</sup> €/t FM		27	48
	<b>€/t TM</b>	<b>77</b>	<b>137</b>

<sup>1</sup> mit Lohnansatz

<sup>2</sup> ohne Wenden

Die mittleren Substratkosten lagen im Jahre 2007 für Grassilage bei 26 €/t FM [3]. Die Spannweite der Substratkosten liegt bei 15 – 45 €/t FM.

Die Transportkosten hängen naturgemäß von der Transportentfernung ab und liegen für sehr kurze Strecken (2 km) in einer Größenordnung von 2,00 €/t. Für jeden weiteren Kilometer kann man als Faustzahl mit 0,40 €/(t\*km) für landwirtschaftliche Transporte kalkulieren.

Für das Verdichten der Silage entstehen Kosten von rund 1 bis 2 €/t FM. Grundsätzlich sollte das Silo abgedeckt werden. Offene Silohaufen haben sehr hohe zusätzliche Verluste. Meist reicht deren Verminderung um 1 bis 2 Prozent, um die zusätzlichen Kosten zur decken.

## 4.2 Wirtschaftlichkeit von Grasvergärungsanlagen

Auf Grünlandstandorten mit rückläufiger Futternutzung stellt die Biogaserzeugung eine Alternative dar. Die folgende Modellrechnung soll zeigen, ob es sich unter den Bedingungen des EEG in der Fassung von 2012 lohnen kann, eine Biogasanlage mit Grassilage und Gülle zu betreiben.

Die Bereitstellungskosten der Grassilage frei Feststoffeintrag betragen in nachfolgender Modellrechnung 32,50 €/t FM. Sie umfassen alle durch die mineralische Düngung, die Ernte, den Transport, die Einlagerung, die Lagerhaltung (unter Berücksichtigung der Masseverluste und des Sickersaftanfalls), die Entnahme und die Beschickung sowie die Gärrestausbringung verursachten Kosten. Die Rindergülle steht kostenfrei zur Verfügung. Die den Berechnungen zu Grunde liegenden Gasausbeuten der Substrate sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Es wird angenommen, dass 35 % der nutzbaren thermischen Energie EEG-konform zu vermarkten sind und nach Abzug der Kosten für die Wärmebereitstellung ein Überschuss von 2,00 Ct/kWh<sub>therm</sub> zu erzielen ist.

**Tabelle 6:** Substrate und ihre Qualitätsparameter lt. Kalkulationsdaten KTBL

Substrat	TM (%)	oTM (%)	Nm <sup>3</sup> /t oTM	Nm <sup>3</sup> /t FM	Methan (%)
Grassilage	35	90	600	189	53
Rindergülle	8	80	380	24,3	55
Rindermist	25	85	450	95,6	55

**Tabelle 7:** Modellrechnungen nach dem EEG 2012 für das Inbetriebnahmejahr 2012

Installierte el. Leistung		KW <sub>el</sub>	75	190	500	1.000
Einnahmen Stromverkauf	Inbetriebnahme 2012	Ct/KWh <sub>el</sub>	20,88	20,39	19,14	17,44
Wärmeverkauf		kWh	306.331	718.400	1.743.029	3.220.240
Wärmeerlös abzgl. -kosten	2 Ct/kWh <sub>el</sub>	€/a	6.127	14.368	34.861	64.405
Summe Erlöse		€/a	127.900	320.975	801.581	1.480.289
Gesamtsumme Jahreskosten Biogasanlage		€/a	97.021	224.577	437.189	782.007
Substratkosten frei Feststoffeintrag	Grassilage 32,5 €/t FM	€/a	40.625	113.750	310.700	629.850
Gewinnerwartung (ohne Lohnkosten/-ansatz)		€/a	<b>-2.305</b>	<b>-6.908</b>	<b>36.232</b>	<b>100.032</b>
(Unternehmer-) Gewinnerwartung		€/a	<b>-9.745</b>	<b>-17.351</b>	<b>17.692</b>	<b>68.433</b>

Eine kleine Hofbiogasanlage (75 kW<sub>el</sub>) verarbeitet im Modellbetrieb rund 1.250 t Grassilage, für deren Bereitstellung je nach Standort 45 bis 70 ha Dauergrünland zur Verfügung stehen müssen. Zusätzlich setzt die Anlage die Gülle von ca. 100 Rinder-GV und 260 t Rindermist ein. Diese kleine Anlage hat mit 6.000 €/kW<sub>el</sub> relativ hohe Anschaffungskosten. Die entsprechend hohen Festkosten belasten das Betriebsergebnis. Die Vergütung des EEG 2012 reicht bei weitem nicht aus, die kleine Biogasanlage wirtschaftlich zu betreiben.

Eine 190 kW<sub>el</sub>-Biogasanlage deckt im Modellbetrieb den Substratbedarf mit 3.500 t Grassilage, der Gülle von rund 150 Rinder-GV und einer geringen Menge Mist. Der Flächenbedarf liegt je nach Ertragserwartung in einer Größenordnung von 125 und rund 200 ha. Unter den Bedingungen des EEG 2012 wird diese Anlage nicht gebaut. Erst wenn unter sonst gleichen Bedingungen die Anschaffungskosten deutlich unter die Millionengrenze sinken, steht unter dem Strich eine schwarze Null.

Eine 500 kW<sub>el</sub>-Biogasanlage benötigt im Modellbetrieb zur Rohstoffversorgung zwischen 350 und 550 ha Grünland. Sie war unter den Bedingungen des EEG 2009 äußerst wettbewerbsfähig. Sie setzt etwas mehr als 30 Masseprozent Gülle und Mist ein und sichert sich damit den Gülle-Bonus. Unter den Bedingungen des EEG 2012 sinkt der Unternehmergewinn auf weniger als 20.000 €. Die Kapitalrendite beträgt nur noch gut 6 %.

Die 1.000 kW<sub>el</sub>-Biogasanlage war unter den Vergütungsbedingungen des EEG 2009 bei Investitionskosten von 3.500 €/kW und einem Einsatz von 19.000 t Grassilage

nicht rentabel zu betreiben. Die massive Anhebung der Vergütung für große Anlagen im EEG 2012 macht die Anlage attraktiver. Unter den Modellannahmen lässt sich ein Unternehmergeinn von rund 68.000 € errechnen. Bei einem Flächenbedarf von 700 bis 1.100 ha ist der Spielraum gering für Pachtzahlungen oder Substratpreissteigerungen. Um ökonomisch gesehen in ruhigeres Fahrwasser zu kommen, bräuchte die Anlage eine deutlich bessere Wärmeverwertung als hier unterstellt.

### **Wann rechnet sich der Einsatz von Gras im Vergleich zu Mais?**

Diese Frage stellt sich immer. Mais- und Grassilage werden anhand ihrer Bereitstellungskosten frei Eintrag verglichen. Der „Maispreis frei Eintrag“ soll zwischen 30 und 50 € je Tonne Frischmasse (33 % TM) liegen. Zur vergleichenden Bewertung der Grassilage werden folgende Annahmen getroffen: Die Grassilage kann in Abhängigkeit vom Ernteertrag und ohne Berücksichtigung der Flächennutzungskosten für 90 bis 100 € je Tonne Trockenmasse ebenfalls frei Eintrag bereitgestellt werden. Mit eingerechnet wurden Trockenmasseverluste im Lager in Höhe von 12 % sowie grasbedingte Mehrkosten beim Anlagenbetrieb in Höhe von 3 € je Tonne Frischmasse.

Daraus ergeben sich die „tragbaren“ Flächennutzungskosten (= Pachtzins) für Dauergrünland, die in Konkurrenz zu den jeweils angenommenen Maispreis wettbewerbsgleiche Kosten für Grassilage darstellen. Steht das Grünland kostenlos zur Verfügung und kann die Grassilage die Gasausbeute guter Qualität erreichen, wird es in Abhängigkeit vom Grasertrag (Abbildung 4) bei Maiskosten zwischen 35 und 39 € als Alternative interessant.

Kann unter gleichen Annahmen trotz eines hohen Hektarertrags von 10 Tonnen Trockenmasse nur 80 % der Gasausbeute erreicht werden, so wird Gras ohne Flächennutzungskosten erst bei einem Maispreis von rund 44 € zur Alternative. In Abbildung 4 ist der geringere Gasertrag als gestrichelte Linie dargestellt.

Sollten die Maiskosten „frei Eintrag“ auf 50 € je Tonne Frischmasse steigen, könnten für Grünlandflächen ein Pachtzins zwischen 150 bis 350 € je Hektar bezahlt werden. Allerdings stellt sich bei derart hohen Substratkosten die Frage, ob der Anlagenbetrieb grundsätzlich noch rentabel und in gewohnter Form weiterzuführen ist.

**Das Fazit:** Der Einsatz von Gras ist unter den derzeitigen Kostenrelationen wirtschaftlich, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Die Biogausausbeute des Substrates darf nicht zu gering sein. Wie bei der Rinderfütterung ist auf entsprechende Qualität zu achten. Der Einsatz von qualitativ schlechter Grassilage verursacht höhere Kosten.
- Die Logistikkette beim Silieren muss effizient arbeiten. Große Schläge und Gesamtmengen führen zu geringeren Kosten als kleine Schläge und kleinere Gesamterträge.
- Die Anlagentechnik muss auf den Einsatz von Grassilage abgestimmt sein. Unzureichende Technik führt bei Ausfall zu Mehrkosten. Auch kann das Substrat nicht komplett aufgeschlossen werden.

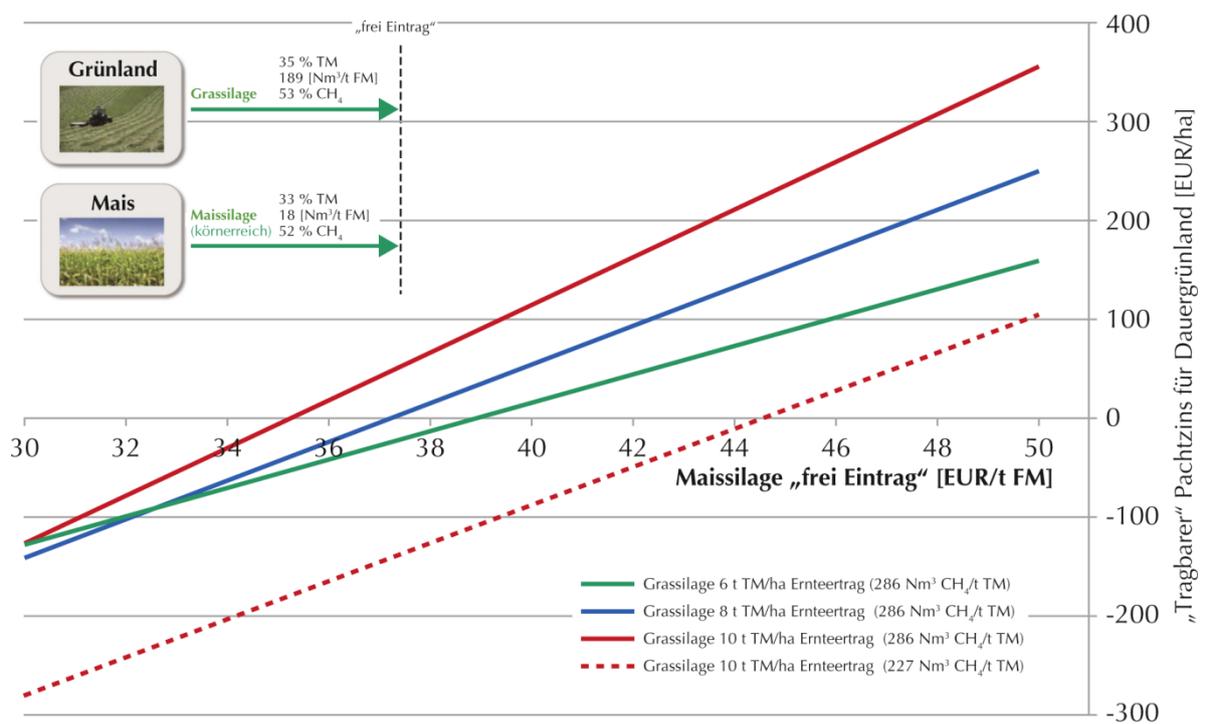


Abbildung 4: Tragbare Flächennutzungskosten für Dauergrünland

## 5. Gärrestverwertung im Grünland

Landwirtschaftlich genutzte Flächen benötigen für eine nachhaltige Bewirtschaftung eine Rückführung der durch die Ernte entzogenen Nährstoffe. So können Nährstoffe, einerseits durch hinzugekaufte mineralische Düngemittel, andererseits durch Wirtschaftsdünger (Rindergülle) oder beim Betrieb einer BGA anfallende Gärreste, den Flächen zugeführt werden. In den Substraten bleiben während des gesamten Vergärungsprozesses die Nährstoffe weitgehend enthalten, es wird allenfalls die Kohlenstofffraktion verändert. So entsteht am Ende des Gärprozesses ein nährstoffreicher Gärrest. In individuellen Düngestrategien lassen sich die Gärreste bestens integrieren. Sie weisen zudem, gegenüber Strategien mit Mineraldüngern, eine deutlich bessere Energiebilanz auf [5]. Um die im Gärrest vorhandenen Nährstoffe mit der üblichen Präzision an die Pflanzenwurzel zu bringen, können die Techniken eingesetzt werden wie sie bei der Applikation von flüssigen Wirtschaftsdüngern Verwendung finden. Zu bevorzugen ist die bodennahe Ausbringung. Der höhere Anteil an Ammonium-N in Verbindung mit einem hohen pH-Wert von üblicherweise  $> 8$  im Gärrest führt dazu, dass die Stickstoffverluste in Form von Ammoniumabgasung nach der Ausbringung hoch sein können. Deshalb sollte auf optimale Bedingungen bei der Gärrestausbringung geachtet werden. Faserreiche Gärreste können zudem Probleme bei der Ausbringung verursachen, denen durch Separierung abgeholfen werden kann.

Bei der weiteren Verwendung der Gärreste als Düngemittel sind die rechtlichen Anforderungen stets zu beachten (Düngemittel-, Hygiene- und Abfallrecht).

## 6. Abkürzungsverzeichnis

- MJ – Mega Joule  
NEL – Netto-Energie-Laktation  
TS – Trockensubstanz  
oTS – organische Trockensubstanz  
ADF org. – (Acid Detergent Fiber): saure Detergentien-Faser, der Rückstand nach der Behandlung mit definierten sauren Detergentien, umfasst Lignin und Zellulose, liegt etwa um 30 g/kg TM über der Rohfaser, enthält nur den organischen Teil  
ADI – (acid detergent lignin): Säure-Detergenz-Lignin Umfasst per Definition vor allem das Lignin und ist ein Anteil des ADF: ADF ohne die Cellulose. Batch Versuche-Laborversuche in geschlossenen Behältern

## 7. Quellenverzeichnis

- [1] Bayern Biogasforum „Grünland für die Biogasanlage“ Nr. I-12/2011, S. 8
- [2] Gröblichhoff, F.-F.; Lütke Entrup, N. (2006): Gräser in Biogasanlagen – erste Ergebnisse aus Nordrhein-Westfalen. Workshop „Futterpflanzen – Perspektiven für eine energetische Nutzung“, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, 09./10.03.2006, verfügbar unter [http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/18480/workshop\\_futterpflanzen\\_groeblichhoff\\_fh\\_sw.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/18480/workshop_futterpflanzen_groeblichhoff_fh_sw.pdf)
- [3] Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (2008): Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Endbericht (Projekt-Nr. 2223004); Leipzig Auch in: Biogasmessprogramm II, Tab. 6 – 14, S. 138
- [4] (Taube et al., 2011 (EGF Meeting); Messner et al., 2011 (EGF Meeting)  
Elsaesser M. (2007) Two cuts – and afterwards? – Effects of adapted management on permanent grassland. Proceedings of the 14<sup>th</sup> Symposium of the European Grassland Federation, 580 – 583. Messner, H., Nussbaum, H. und M. Elsaesser (2011): Specific

utilization intensity of permanent grassland used as biogas-substrate. Grassland Science in Europe. Oder auch Messner und Elsässer, 2012 in Landinfo

[5] Döhler, H. (1996): landbbauliche Verwertung stickstoffreicher Abfallstoffe, Komposte und Wirtschaftdünger. In Wasser und Boden, 48 Jahrgang. 11/1996

[6] Nutzung von Grünland zur Biogaserzeugung, Machbarkeitsstudie der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Schriftenreihe 4/2011 [http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/schriftenreihe/p\\_42135.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/schriftenreihe/p_42135.pdf) Zugriff 13.09.2012

Für die Erarbeitung des Merkblattes wurden von den Mitgliedern der DLG-Ausschüsse „Grünland und Futterbau“ und „Biogas“ zahlreiche Unterlagen aus den Bundesländern zur Verfügung gestellt, die hier nicht im Detail aufgeführt wurden. Allen Beteiligten wird dafür herzlich gedankt.

## Weitere DLG-Merkblätter zum Thema Bioenergie

- DLG-Merkblatt 396  
**Flexibilitätsprämie bei Biogas**
- DLG-Merkblatt 395  
**Planung von Windenergieanlagen**
- DLG-Merkblatt 392  
**Schadinsekten und Krankheiten  
in Kurzumtriebsplantagen**
- DLG-Merkblatt 372  
**DLG-Standard zur Kalkulation  
einer Kurzumtriebsanlage**
- DLG-Merkblatt 371  
**Kurzumtriebsplantagen  
– Anlage, Pflege, Ernte und  
Wertschöpfung**
- DLG-Merkblatt 368  
**Stromvermarktung außerhalb  
des EEG 2012**
- DLG-Merkblatt 367  
**Windräder im Wald**
- DLG-Merkblatt 363  
**Biomasse-Rüben**



**Download unter [www.DLG.org/Merkblaetter](http://www.DLG.org/Merkblaetter)**



DLG e.V.  
Mitgliederservice  
Eschborner Landstr. 122  
60489 Frankfurt am Main  
DEUTSCHLAND  
Tel.: +49 69 24788-205  
Fax: +49 69 24788-124  
Info@DLG.org  
[www.DLG.org](http://www.DLG.org)