

## Substratbereitstellung von Grünland aus verfahrenstechnischer Sicht



Abbildung 1: Grassilage und Grünschnitt im Feststoffeintrag einer Biogasanlage

**Nr. II – 21/2013**

---

Zusammengestellt von der Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung) im  
„Biogas Forum Bayern“ von:



**Stefan Thurner**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung



**Martin Konrad**

Regens Wagner Hohenwart



**Martin Strobl**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur



---

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung – Biogas aus Gras gibt`s das? .....	2
2	Worauf ist bei der Vergärung von Gras zu achten? .....	3
3	Welche Gründe sprechen für Gras in Biogasanlagen? .....	3
4	Kriterien für die Grünlandbewirtschaftung aus verfahrenstechnischer Sicht bei der Nutzung für die Vergärung .....	4
5	Kriterien für die Grünlandernte bei der Nutzung für die Vergärung .....	5
5.1	Allgemeine Hinweise zur Grünlandernte.....	5
5.2	Herausforderungen beim Mähen, Zetten und Schwaden.....	6
5.3	Das Bergen und der Transport des Grasanwelkguts erfordern hohe Sorgfalt.....	7
6	Kriterien für die Einlagerung und Konservierung von Grünlandaufwüchsen .....	9
7	Ist die Grassilage im Vergleich zur Maissilage konkurrenzfähig?.....	10
8	Fazit – Biogas aus Gras funktioniert!.....	10
9	Literaturverzeichnis und weiterführende Literatur .....	10
10	Bildernachweis .....	11

## 1 Einleitung – Biogas aus Gras gibt's das?

Viele Betreiber von Biogasanlagen setzen in geringem Umfang schon heute Grassilage ein. Bei den bayerischen **Pilotbiogasanlagen** hat sich gezeigt, dass i.d.R. in den gängigen Anlagentypen 15 – 20 % kurz **gehäckselte Grassilage** ohne Probleme eingesetzt werden kann (vgl. Ebertseder et al., 2012, Bachmaier et al., 2011 und Effenberger et al., 2010). Bei noch größeren Anteilen an Grassilage zeigen sich dann v.a. bei **Ladewagenras** erste Probleme mit der Anlagentechnik im Bereich des Substrateintrags und bei den Rührwerken im Fermenter. Wenn mehr als  $\frac{1}{3}$  Grassilage im Substratmix eingesetzt werden soll, ist definitiv eine **spezielle Anlagentechnik** erforderlich. Die Verwertung von Grassilage in Biogasanlagen dürfte künftig in bestimmten Regionen weiter an Bedeutung gewinnen, da durch die Reduzierung der Milchviehhaltung Grünlandflächen für andere Zwecke als die Tierernährung zur Verfügung stehen (LfL, 2011). Im Wesentlichen werden davon die klassischen Grünlandregionen wie Allgäu, bayerisches Voralpenland und bayerischer Wald betroffen sein. Da in diesen Regionen der Ackerbau nur sehr eingeschränkt möglich ist, muss auf eine alternative Verwertung des Grünlandaufwuchses z.B. die **energetische Verwertung** in Form von Grassilage zurückgegriffen werden, obgleich die hektarbezogenen Energieerträge erheblich geringer sind, als sie mit Maissilage erzielt werden können. Dabei ist davon auszugehen, dass Grünland v.a. auf Grenzstandorten, z.B. nassen oder hängigen Standorten oder auch unregelmäßig geformten Flächen steht. Angestrebt werden sollte daher eine standort- und nutzungsangepasste Intensität der Grünlandbewirtschaftung. Daneben gibt es auch eine Reihe biologisch wirtschaftender Betriebe mit Biogasanlagen, die vor allem aufgrund der positiven Düngewirkung des Gärrestes aus Leguminosen, vorwiegend **Kleegrassilage** einsetzen. Aktuell wird das Monitoring bayerischen Biogasanlagen mit fünf neuen Betrieben, die mehr als 60 % Gras- oder Kleegrassilage einsetzen über weitere drei Jahre fortgesetzt. Erste Ergebnisse aus diesem Projekt werden Ende 2013 erwartet.



Abbildung 2: Häckselkette bei der Ernte von Grassilage im Allgäu

---

## 2 Worauf ist bei der Vergärung von Gras zu achten?

Neben der vergleichsweise geringen Energieleistung gibt es bei der Grassilage weitere Punkte, die bei der Planung einer Anlage berücksichtigt werden müssen. Der zeitliche Aufwand für Ernte und Silierung ist weitaus höher als bei anderen NawaRo, da die Bergung nicht in einer Kampagne erfolgen kann, sondern auf drei bis vier Schnitte verteilt werden muss. Darüber hinaus gibt es bei der Vergärung des Ernteguts einiges zu beachten. Schon die Eintragstechnik wird durch die physikalischen Eigenschaften der Silage stark beansprucht und herkömmlich dimensionierte Einpresstechniken neigen zur Verstopfung. Der hohe Anteil an schwer zu vergärenden Fasern reduziert und verlangsamt den Abbau wodurch die TS-Gehalte in den Gärbehältern ansteigen. Dies erfordert einen höheren Energieaufwand zur Durchmischung und erhöht den Verschleiß an den Rührwerken. Grassilage neigt zum Aufschwimmen. Diese Eigenschaft macht eine Notstromversorgung unerlässlich, da im Fall eines Stromausfalls der aufquellende Fermenterinhalt zur Havarie am Behälter führen kann. Schließlich kann sich der hohe Eiweißgehalt im Gras negativ auf die Bakterienpopulation im Fermenter auswirken, wobei hier vor allem der  $\text{NH}_4\text{-N}$  Anteil sowie Temperatur und pH-Wert im Substrat eine Rolle spielen. In der Vergangenheit wurde beobachtet, dass adaptierte Biozönosen Ammoniumgehalte vertragen, bei denen in anderen Systemen die Gasproduktion schon stark beeinträchtigt wäre. Dafür sind jedoch längere Adaptionsphasen erforderlich, in denen wiederholt mit Mindererträgen gerechnet werden muss. Beim Monitoring von Praxis-Biogasanlagen waren bisher drei Anlagen (Pilotanlage B bzw. 9 sowie die Pilotanlagen 15 und 16) dabei, die mehr als 60 % Gras- und/oder Klee Grassilage einsetzen. Die dabei erzielten Ergebnisse zusammen mit den eventuell aufgetretenen Problemen wurden bei Ebertseder et al. (2012), Bachmaier et al. (2011) und Effenberger et al. (2010) dokumentiert.

## 3 Welche Gründe sprechen für Gras in Biogasanlagen?

Trotz dieser Herausforderungen dürfte die Vergärung von Grassilage zunehmend an Bedeutung gewinnen, da sie auch einige Vorteile aufzuweisen hat. Neben der Nutzung von frei werdenden Dauergrünlandflächen bietet die Gasproduktion die Möglichkeit, qualitativ minderwertiges, für die Tierernährung weniger geeignetes Material, zu nutzen (z.B. dritter und vierter Schnitt). Hinzu kommt, dass das Umbrechen von Dauergrünlandflächen aufgrund gesetzlicher Vorgaben künftig nur noch in Ausnahmefällen möglich sein wird und in den meisten Fällen aufgrund des Grenzstandorts an dem sich Grünland häufig befindet auch nicht möglich ist. Durch die Beschränkung von Mais auf 60 % der eingetragenen Frischmasse im EEG 2012 bietet sich mit der Grassilage auch eine sinnvolle Alternative an. Aufgrund der Eigenschaften von Grünlandflächen entzerrt sich das Ausbringen von Gärresten entscheidend. Während sich die Düngung im Bestand von Ackerflächen eher schwierig gestaltet, kann hier nach jedem Schnitt ausgebracht werden. Weiterhin ist es möglich auch nach dem letzten Schnitt noch eine geringe Menge an Gärrest zu düngen und die Nährstoffe im dann nicht mehr genutzten Aufwuchs für das kommende Jahr sozusagen zu speichern. Hinzu kommt, dass Grünlandflächen im Frühjahr eher befahrbar sind als Ackerflächen und generell eine kürzere Sperrfrist für die Gärrestausrückführung besitzen. Somit können Überlastungen der Lagerkapazitäten besser vermieden werden. Durch die mehrmaligen Ernte- und Düngemöglichkeiten beim Grünland werden Arbeitsspitzen v.a. in Kombination mit geeigneter Technik verringert.

#### 4 Kriterien für die Grünlandbewirtschaftung aus verfahrenstechnischer Sicht bei der Nutzung für die Vergärung

Der Einsatz hoher Anteile von Grassilage in einer Biogasanlage erfordert eine im Folgenden beschriebene sorgfältige Bewirtschaftung des Grünlands und eine angepasste technische Ausstattung damit ein reibungsloser Betrieb gewährleistet werden kann. Wichtige Hinweise zum Thema Grünland und Klee gras für Biogasanlagen enthalten auch die beiden beim Biogas Forum Bayern erschienenen Beiträge von Hartmann et al., (2011) sowie Hartmann und Sticksel (2010).



Abbildung 3: Vermeidbare Narbenschäden durch zu enge Kurvenfahrten oder zu schnelle Beschleunigung

Die wichtigsten Ziele der Grünlandpflege sind eine optimale, dichte Grasnarbe und eine möglichst geringe Verschmutzung des Ernteguts. Die Grünlandpflege erfordert folgende Maßnahmen:

- Abschleppen und Walzen der Flächen im Frühjahr um Maulwurfshügel und ggf. Fahrspuren einzuebnen und die Bestockung zu fördern.
- Vermeiden von Narbenschäden, Grünland nicht bei ungünstigen Bedingungen befahren z.B. noch zu nasser Boden und vermeiden von engen Kurvenfahrten v.a. mit mehrachsigen Anhängern oder bei hoher Geschwindigkeit.
- Dicht halten der Grasnarbe, z.B. mit regelmäßigen Übersaaten, lückige oder entartete Bestände entsprechend den Empfehlungen nachsäen oder ggf. neu ansäen.
- Wenn notwendig, Bekämpfung tierischer Schädlinge, z.B. bei Mäusebesatz Sitzstangen für Raubvögel aufstellen bzw. die Mäuse mit Fallen fangen.
- Standortangepasste Nutzungsintensität

---

## 5 Kriterien für die Grünlandernte bei der Nutzung für die Vergärung

### 5.1 Allgemeine Hinweise zur Grünlandernte

Bei der Ernte kommt es vor allem darauf an, hohe Energieerträge bei einem optimalen Trockenmassegehalt (30 - 40 % TM) mit möglichst geringer Verschmutzung und sehr guter Siliereignung des Ernteguts zu erzielen. Die höchsten Energieerträge können bei einer Mahd zum optimalen Nutzungszeitpunkt, kurz vor dem Ähren- bzw. Rispschieben der Hauptgräserarten, erreicht werden. Für die Verwertung in Biogasanlagen ist qualitativ hochwertige Grassilage, wie für den Einsatz in der Milchviehfütterung, am besten geeignet. Generell sollen bei der Ernte folgende Dinge beachtet werden:

- Die gesamte Erntekette muss optimal aufeinander abgestimmt sein und sollte auch parallel laufen können um den richtigen Trockenmassegehalt zu erzielen.
- Eine hohe Schlagkraft ist erforderlich um flexibel auf verschiedene Witterungsbedingungen (z.B. sehr schneller Trocknungsverlauf) reagieren zu können; dabei gilt, dass eine größere Arbeitsbreite vor einer höheren Arbeitsgeschwindigkeit kommt.
- Pro Schnitt steht nur ein vergleichsweise kurzes Erntefenster (max. 1 Woche) zur Verfügung.
- Alle Erntegeräte müssen optimal eingestellt werden und ein Bodenkontakt der Werkzeuge muss unbedingt vermieden werden.
- Eine an die Bedingungen angepasste Arbeitsgeschwindigkeit verringert den Dieselverbrauch und Verschleiß und vermeidet den Eintrag von Steinen, Sand und Boden in das Erntegut.
- Bevorzugt sollte Technik eingesetzt werden, die über Steinfangmulden o.ä. zum Abscheiden von Steinen oder Ästen verfügt.
- Generell gilt, dass unnötig lange Feldliegezeiten oder anderweitige Liegezeiten z.B. beim Überladen erhöhte Atmungsverluste bedeuten und ggf. Probleme beim Silieren nach sich ziehen.
- Die Ernte ist so zu organisieren, dass nicht zu lange in die Nacht gearbeitet werden muss, da z.B. Tau das Erntegut zu feucht werden lässt oder z.B. das Überladen bei Dunkelheit schwieriger wird.
- Da Klee gras i.d.R. schwerer ist und ggf. der Boden im Ackerbau unebener ist, ist darauf zu achten, dass bei herkömmlicher Erntetechnik die Arbeitsgeschwindigkeit entsprechend reduziert werden muss.



Abbildung 4: Der Einsatz eines Bandschwaders behandelt das Erntegut schonend und kann die Futtermverschmutzung vermindern

## 5.2 Herausforderungen beim Mähen, Zetten und Schwaden

In der Regel ist auf den Betrieben für die Ernte kleinerer Mengen Grünlandaufwuchs oder Ackergras noch ein Kreiselzettwender und ein Kreiselschwader vorhanden. Diese übliche Technik kann sehr gut für die Grassilagebereitung verwendet werden. Die Geräte sollten aber in einem guten Zustand sein, z.B. bezüglich der Zinken. Bei speziellen Wetterlagen, die nur ein sehr kurzes Erntefenster von oft nur 1 - 2 Tagen bieten oder auch bei größeren Flächen gibt es jedoch einige Alternativen, die Vorteile bei den Arbeitsgängen Mähen, Zetten und Schwaden bieten können.

- Eine optimale Schnitthöhe von 7 - 8 cm ist einzuhalten, damit der Bestand nach der Nutzung möglichst schnell und gleichmäßig nachwächst. Weiterhin tragen höhere Stoppeln auch in den folgenden Arbeitsschritten zu einer verbesserten Arbeitsqualität und weniger Schmutzeintrag in das Erntegut bei.
- Es sollte ein sauberer Schnitt erfolgen (Klingen rechtzeitig wechseln), die Mähgeschwindigkeit sollte 12 km/h nicht überschreiten und das Gewicht am Zugfahrzeug soll gleichmäßig verteilt sein, wie z.B. bei Schmetterlingsmähwerken.
- In Zusammenarbeit mit dem Jagdpächter sind vor der Mahd geeignete Maßnahmen zu ergreifen um gefährdete Wildtiere (z.B. Rehkitze oder Vögel) aus der Fläche zu bringen. Sehr erfolgversprechend ist dabei z.B. der Einsatz eines Wildretters. Um das Wild beim Mähen nicht einzukreisen ist es wichtig von einer Seite zu mähen oder den Schlag von innen nach außen zu mähen. Weitergehende Hinweise zum Schutz von Feldvögeln und zu speziellen Hygieneanforderungen im Zusammenhang mit der Substratgewinnung geben Niedermeier-Stürzer et al. (2012) sowie Lebuhn et al. (2012).
- Je nach Schnitt und Witterungsbedingungen sollen verschiedene Techniken, z.B. Zetter, Aufbereiter oder Schwadzusammenlegung verfügbar sein und so eingesetzt werden, dass im verfügbaren Erntefenster der optimale Trockenmassegehalt erzielt werden kann.

- Zetten ist dabei die kostengünstigste Technik und führt bei Niederschlagsereignissen zu den geringsten Qualitätsverlusten.
- Der Aufbereiter kann bei feuchtem Mähgut zum Musen neigen, zudem wird aufgewirbelter Boden z.B. von Maulwurfshaufen regelrecht in das Mähgut eingearbeitet.
- Werden zu große Massen direkt beim Mähen auf einen Schwad zusammengelegt trocknet das Erntegut nicht gleichmäßig ab und es kann zu einer Erwärmung des Schwads mit erhöhten Atmungs- und Qualitätsverlusten kommen.
- Es sollten möglichst gleichmäßige und große, an die folgende Bergetechnik angepasste Schwade erzeugen werden, dabei ist ein Verzopfen der Schwade zu vermeiden.
- Bandschwader und Seitenschwader haben Vorteile wenn es bei unterschiedlichen Aufwüchsen um die optimale Schwadgröße geht, Mittelschwader erzeugen dagegen gleichmäßigere Schwade.

### 5.3 Das Bergen und der Transport des Grasanwelkguts erfordern hohe Sorgfalt

Auf den meisten Biogasbetrieben wird eine Häckselkette für die Ernte von Silomais eingesetzt. D.h. der Ablauf der Kette ist bestens eingespielt und auch die Anzahl und das Gewicht der Fahrzeuge für die Verteilung und Verdichtung im Silo sind auf die Anfuhrmengen ausgelegt. Wenn also nur kleinere Mengen an Grassilage erzeugt werden sollen, sollte die Häckselkette als Standardverfahren genutzt werden. Bei spezialisierten Anlagen oder auch größeren Transportentfernungen sollte jedoch über alternative Ernteketten unter Beachtung der folgenden Punkte nachgedacht werden.

Tabelle 1: Bewertung der Bergetechnik (nach LfL, 2011)

Verfahren	Häcksler	Ladewagen	Ballenkette
Flexibilität	-	+	+
Bergeleistung/Schlagkraft	+	-	-
Hof-Feld-Entfernung	+	-	+
Schnittqualität	+	0	0
Verdichtung	+	-	+
Leistungsbedarf/Energieverbrauch	-	0	0
Investitionskosten	-	0	0
Logistik-Anforderungen	-	+	0
Fremdkörpersicherung	+	0	0
Lagerraumbedarf	0	-	0/+
Übermengen/Kleinflächen	-	+	+

- Die Auswahl der Bergekette beginnt bei der Biogasanlage (Grasanteil am Substratmix und Eignung der Anlagentechnik für Gras).
- Je kürzer die Schnittlänge, umso höher die Treibstoffkosten (Häckselkosten)
- Der Transport ist umso günstiger, je höher die Menge an Trockenmasse ist, die pro Fuhrre transportiert werden kann, dabei dürfen jedoch die maximale Transportmenge pro Fuhrwerk und die Achslasten nicht überschritten werden.
- Die Häckselkette ist bei den meisten Betrieben mit z.B. einem hohen Maisanteil in der Substratmischung i.d.R. vorhanden und gut organisiert. Die Häckselkette ermöglicht die kürzesten Schnittlängen.
- Der Kurzschnittladewagen ist im Vorteil bei vielen und/oder kleinen Schlägen und kann zwischen selbst beladen und Einsatz in der Häckselkette wechseln; weiterhin bietet er den Vorteil, dass Teilflächen (z.B. Vorgewende, Feldspitz, nasse Ecken) separat bzw. vor der Häckselkette geerntet werden können und diese dadurch besser ausgelastet ist. Generell ist die Organisation der Ernte mit einem Kurzschnittladewagen einfacher (1-Mann-Verfahren).
- Das Überladeverfahren mit LKW als Transporteinheit ist im Vorteil bei großen Entfernungen und bei mehreren „Überladezentren“; ideal ist es, wenn das Erntegut beim Überladen nicht mehr den Boden berührt.
- Überladeplätze sollen so gewählt werden, dass der LKW gut an- und abfahren kann und dass mehrere Teilflächen zusammengefasst werden können (Überladezentrum); generell soll das Material nicht länger als 4 - 6 Stunden am Überladeplatz lagern.
- Eine Alternative z.B. bei geringen Erntemengen oder Übermengen stellen die relativ teuren Quader- bzw. Rundballenwickelsilagen dar.



Abbildung 5: Bei der Verdichtung im Silo sind gleichmäßige, dünne Schichten erforderlich, die z.B. mit einem Ladewagen oder auch einem Siloverteiler erzeugt werden können

---

## 6 Kriterien für die Einlagerung und Konservierung von Grünlandaufwüchsen

Der wichtigste Prozess bei der Bereitung von Grassilage ist die korrekte Einlagerung des Ernteguts und der anschließende Konservierungsprozess. Umfassende Informationen zum Thema Substratkonservierung gibt ein Praxishandbuch der DLG (2012a). Einen schnellen Überblick über die entscheidenden Stellschrauben zur Bereitung hochwertiger Silage findet man bei Durst und Eberlein (2010). Damit dies im Speziellen auch bei der Bereitung von Grassilage gelingt sollten folgende Voraussetzungen gegeben sein:

- Die wichtigste Arbeit beim Silieren ist das Verdichten im Silo. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die Anzahl und die Gewichte der Walzfahrzeuge an die Leistung der Bergekette (Tonnen Frischmasse pro Stunde) angepasst ist (Faustformel: Walzgewicht = Bergeleistung in t/h geteilt durch den Faktor 3 - 4, Faktor 3 gilt bei Ladewagensilage, Faktor 4 bei Häckslersilage).
- Nur bei einer ausreichenden Verdichtung ist gewährleistet, dass eine Nacherwärmung des Silostocks bei der Entnahme, die mit sehr hohen Energieverlusten verbunden ist, vermieden wird.
- Je nach Erntegut, v.a. bei Klee gras und schlechten Erntebedingungen empfiehlt sich der Einsatz von geeigneten Siliermitteln, um Fehlgärungen mit hohen Energieverlusten zu vermeiden.
- Je nach Bergekette muss die geeignete Verteiltechnik gewählt werden (z.B. Siloverteiler bei Kurzschnittladewagen) um eine optimale Einbringung des Ernteguts in dünnen Schichten von max. 30 cm in das Silo zu gewährleisten; eine automatische Verteilung des Ernteguts im Silo kann mit einem Kurzschnittladewagen mit Dosierwalzen beim Entladen während der Überfahrt über den Silostock erreicht werden.
- Der Silohaufen sollte generell fachgerecht mit Folie abgedeckt werden, da sonst erhebliche Energieverluste durch eine ungenügende Vergärung bzw. durch Verderb im oberen Bereich des Silostocks entstehen.
- Der Siloquerschnitt soll so bemessen sein, dass mindestens 1,5 m Vorschub pro Woche, im Sommer möglichst 2 m Vorschub pro Woche, bei der Entnahme erreicht werden. Bei geringerem Vorschub drohen hohe Nacherwärmungsverluste, daher sollte bei geringem Verbrauch auf alternative Techniken, z.B. Silopresse oder Quader- bzw. Rundballenwickelsilage ausgewichen werden, auch wenn diese teilweise teurere Verfahren sind.

## 7 Ist die Grassilage im Vergleich zur Maissilage konkurrenzfähig?

Dies hängt im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab:

- dem Ertrags- und Qualitätsniveau der Grünlandfläche
- den Kosten für die Bewirtschaftung und Pacht der Grünlandfläche
- den lokalen Marktpreisen für Maissilage

Die Details zur Berechnung der Konkurrenzfähigkeit der Grassilage findet sich im DLG-Merkblatt 386 (DLG, 2012b) [http://www.dlg.org/dlg-merkblatt\\_386.html](http://www.dlg.org/dlg-merkblatt_386.html). Insbesondere bei der Bewertung der Grasernte gilt: Traue keiner allgemeinen Modellrechnung, rechne für Deinen Betrieb selbst!

## 8 Fazit – Biogas aus Gras funktioniert!

Die Bereitung von Gras- und Kleegrassilage für die Nutzung in Biogasanlagen erfordert ein höheres Maß an Organisation und Sorgfalt im Vergleich zu anderen Substraten. Umso höher die Fachkenntnisse der beteiligten Personen umso besser wird das Ziel einer optimalen Grassilage mit dem richtigen Trockenmassegehalt bei möglichst niedrigem Ressourcenverbrauch bei der Ernte erreicht werden. Bei einer angepassten Nutzung und geeigneter Technik spricht vieles für den vermehrten Einsatz von Gras in Biogasanlagen.

## 9 Literaturverzeichnis und weiterführende Literatur

Bachmaier, H., Ebertseder, F., Effenberger, M., Kissel, R., Rivera Gracia, E. und A. Gronauer (2011): Wissenschaftliche Begleitung der Pilotbetriebe zur Biogasproduktion in Bayern – Fortsetzung 2008 - 2010. Hrsg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), LfL-Schriftenreihe 5/2011, ISSN 1611-4159, [http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p\\_42637.pdf](http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_42637.pdf), Stand 21.02.2013.

DLG (2012): Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt, ISBN 978-3-7690-0791-6, 416 Seiten.

Durst, L. und M. Eberlein (2010): Bereitung hochwertiger Silage – die Grundlage für hohen Biogasertrag. In: Biogas Forum Bayern Nr. I 12/2011, Hrsg. ALB Bayern e.V., <http://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0001/Bereitung-hochwertiger-Silage.pdf>, Stand 21.02.2013.

Ebertseder, F., Kissel, R., Lehner, A., Rivera Gracia, E., Bachmaier, H. und M. Effenberger (2012): Monitoring und Dokumentation von Praxis-Biogasanlagen. Hrsg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), LfL-Schriftenreihe 8/2012, ISSN 1611-4159, [http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p\\_44993.pdf](http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_44993.pdf), Stand 21.02.2013.

Effenberger, M., Bachmaier, H., Kränsel, E., Lehner, A. und A. Gronauer (2010): Wissenschaftliche Begleitung der Pilotbetriebe zur Biogasproduktion in Bayern. Hrsg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), LfL-Schriftenreihe 1/2010, ISSN 1611-

---

4159, [http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p\\_38045.pdf](http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_38045.pdf), Stand 21.02.2013.

Elsässer, M., J. Messner, U. Keymer, R. Roßberg und F. Setzer (2012): Biogas aus Gras – Wie Grünlandaufwüchse zur Energieerzeugung beitragen können. DLG-Merkblatt 386, 1. Auflage 11/2012, 20 Seiten.

Hartmann, S., M. Diepolder und F. Lichti (2011): Grünland für die Biogasanlage. In: Biogas Forum Bayern Nr. I 12/2011, Hrsg. ALB Bayern e.V., [http://www.biogas-forum-bayern.de/Presse/Grunland\\_als\\_Biogassubstrat.pdf](http://www.biogas-forum-bayern.de/Presse/Grunland_als_Biogassubstrat.pdf), Stand 21.02.2013.

Hartmann, S. und E. Sticksel (2010): Klee gras für die Biogasanlage. In: Biogas Forum Bayern Nr. I 8/2010, Hrsg. ALB Bayern e.V., [http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Klee gras\\_als\\_Biogassubstrat.pdf](http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Klee gras_als_Biogassubstrat.pdf), Stand 21.02.2013.

LfL (2011): Nutzung von Grünland zur Biogaserzeugung – Machbarkeitsstudie. Hrsg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), LfL-Schriftenreihe 4/2011, ISSN 1611-4159, <http://www.lfl.bayern.de/iba/energie/031531/>, Stand 21.02.2013.

Lebuhn, M., D. Wilken, M. Knabel und J. Ostertag (2016): Empfehlungen für eine gute fachliche Praxis in landwirtschaftlichen Biogasanlagen aus hygienischer Sicht. In: Biogas Forum Bayern Nr. I 8/2016, Hrsg. ALB Bayern e.V., <http://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0001/Empfehlungen-fur-eine-gute-fachliche-Praxis-in-landwirtschaftlichen-Biogasanlagen-aus-hygienischer-Sicht-3-Auflage.pdf>, Stand 21.02.2013.

Niedermeier-Stürzer, H., E. Attenberger und H. Leicht (2012): Substratproduktion und Schutz der Feldvögel – Konflikte, Lösungen und praktische Empfehlungen. In: Biogas Forum Bayern Nr. I 13/2012, Hrsg. ALB Bayern e.V., <http://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0001/Substratproduktion-und-Schutz-der-Feldvogel-Fassung-Oktober-2012.pdf>, Stand 21.02.2013.

## 10 Bildernachweis

Abbildung 1: Autor R. Kissel, LfL, ILT (2011)

Abbildung 2 bis 6: Autor P. Scheiber, LfL, ILT (2012)

### Zitiervorlage:

Turner, S., M. Konrad und M. Strobl (2013): Substratbereitstellung von Grünland aus verfahrenstechnischer Sicht. In: Biogas Forum Bayern Nr. II – 21/2013, Hrsg. ALB Bayern e.V. <http://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0001/Substratbereitstellung-von-Grunland.pdf>, Stand [Abrufdatum].

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

### **Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung)**

hier erarbeiten Experten Publikationen zu folgenden Themen:

- Logistik der Ernte
- Gärrestausbringung
- Konservierung und Silagequalität

### **Mitglieder der Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung)**

- **agri.capital GmbH**
- **Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Amberg, Erding, Pfaffenhofen a. d. Ilm und Nördlingen**
- **Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten**
- **Bayerisches Landesamt für Umwelt**
- **Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft**  
Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft  
Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik
- **Biogasanlagenbetreiber**
- **CLAAS**
- **Fachverband Biogas e.V.**
- **Fliegl Agrartechnik GmbH**
- **Hochschule Weihenstephan-Triesdorf**
- **Kuratorium Bayerischer Maschinen- und Betriebshilfsringe e.V.**
- **KWS SAAT AG**
- **Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern (LKV) e.V.**
- **Landmaschinenschule Landsberg am Lech, Landshut und Triesdorf**
- **Maschinenring Neuburg-Schrobenhausen und Wolnzach-Geisenfeld-Vohburg**
- **Regens Wagner Hohenwart**
- **Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing**



**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](mailto:info@biogas-forum-bayern.de)