

# Merkblatt

## Eigenschaften von Biogasgülle



## **Problemstellung**

Thüringen verfügt (Stand: 01.01.2012) über 226 landwirtschaftliche Biogasanlagen mit 102 MW installierter elektrischer Leistung. Jährlich werden in diesen Biogasanlagen rund 2,57 Mio. m<sup>3</sup> flüssiger und 0,31 Mio. t feste Wirtschaftsdünger, Feldfrüchte von 40 000 ha (Mais 20 Tsd. ha, Getreide 12,8 Tsd. ha, AWS 6,6 Tsd. ha, ...) und ca. 0,165 Mio. t Bioabfälle vergoren. Insgesamt kommen somit ca. 55 % der flüssigen und fast 20 % der festen Wirtschaftsdünger sowie 0,95 Mio. t Feldfrüchte für die regenerative Energieerzeugung zum Einsatz.

In Thüringen ergibt sich hieraus ein Anfall von 3,5 Mio. m<sup>3</sup> Biogasgülle bzw. Gärrest, der zu 18 % aus Feldfrüchten, zu 78 % aus Wirtschaftsdünger und zu 4 % aus Bioabfällen besteht. Insgesamt steigt auch unter Beachtung des Masseabbaus während der Vergärung bei konstantem Tierbesatz somit der Wirtschaftsdüngeranfall um ca. 12 % in Thüringen auf 7,2 Mio. m<sup>3</sup>/a. Auch aufgrund der vorrangig eingesetzten Nassvergärungsverfahren und der in Thüringen in Anbetracht des geringen Tierbesatzes kaum praktizierten Gärrestaufbereitung ist einzuschätzen, dass der als Stallmist anfallende Wirtschaftsdüngeranteil weiter zurückgehen wird.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und besonders dessen Novellen in 2004 und 2009 führten dazu, dass durch die Anreize zum Einsatz von Wirtschaftsdüngern und nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRo) zunehmend Biogasgüllen und Gärreste neben den klassischen tierischen Wirtschaftsdüngern anfallen. Diese haben im Vergleich zu unvergorenen Wirtschaftsdüngern veränderte physikalische und chemische Eigenschaften, die der Landwirt kennen muss und in der Düngungspraxis beachten sollte.

Aufgrund des sich ausweitenden Umfangs der Biogaserzeugung aus Feldfrüchten in Verbindung mit dem hohen Nutzungsanteil der Wirtschaftsdünger in den Thüringer Biogasanlagen ist es für eine sachgerechte Lagerung und eine effiziente Verwertung der Biogasgülle auf landwirtschaftlichen Flächen erforderlich Änderungen im Düngemanagement vorzunehmen.

## **Rechtliche Einordnung von Gärresten**

In Abhängigkeit von den eingesetzten Substraten ist die landwirtschaftliche Verwertung der bei der Biogaserzeugung entstandenen Wirtschaftsdünger bzw. organischen Dünger unterschiedlichen Rechtsrahmen unterworfen. Mit dem Gesetz zur Neuregelung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallrechts vom 24.02.2012 unterliegt Gülle, die in einer Biogasanlage (BGA) verwendet wird, dem Geltungsbereich des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG). Nach Aussagen des BMU fällt Gülle nicht automatisch als Abfall an. Erst durch Zuführung zur BGA unterliegt sie dem Abfallrecht. Für die praktische Umset-

zung werden durch diese Regelungen jedoch schwierige Fragen aufgeworfen, die zurzeit noch nicht endgültig geklärt sind. Sie betreffen neben Anforderungen an den Bau der Biogasanlagen, besonders den Transport zur Biogasanlage, einschließlich Fragen der Anzeigepflicht und Fahrzeugkennzeichnung sowie Anforderungen an die Lagerung.

Biogasgülle ist mit der Einstufung als Wirtschaftsdünger im Vergleich zu Gärresten aus der Biogaserzeugung hinsichtlich rechtlicher Restriktionen (u. a. Hygienisierungspflicht, Anwendungsbeschränkungen) im Vorteil. Die rechtliche Einordnung von Gärresten als Biogasgülle und anderen Gärprodukten aus der Biogaserzeugung hängt vom Substrateinsatz ab (Tab. 1).

**Tabelle 1:** Rechtliche Rahmenbedingungen

(Quelle: Merkblatt Rechtsgrundlagen für den Einsatz von Biogasgülle ...; 2010 ergänzt)

Nr.	1	2	3
Vergärung von Einzelstoffen oder deren Gemischen aus	Festmist, Gülle, landwirtschaftlich erzeugter pflanzlicher Biomasse (NaWaRo)	Stoffe nach Nr. 1 und sonstig erzeugter * pflanzlicher Biomasse, Bioabfällen pflanzlicher Herkunft	Stoffe nach Nr. 2 und Bioabfällen tierischer Herkunft (tierische Nebenprodukte Kategorie 2 und 3 nach Verordnung EG 1069/2009)
Beispiele	Rinder- u. Schweinegülle, Pferdemist, Hühnerkot, Maissilage, Getreide, ...	Stoffe nach Nr. 1 und Kartoffelschalen, Melasse, Obsttrester, Zuckerrübenschnitzel, Schnittblumen, ...	Stoffe nach Nr. 2 und Tierkörperteile, Darminhalt, Blut, Schwarten, Rohmilch, Küchen- und Speiseabfälle, Schlachtabfälle, ...
Düngemittelrechtliche Einstufung	Wirtschaftsdünger	Organischer NPK-Dünger	
Bezeichnung	Biogasgülle	Gärrest	
Zutreffender Rechtsrahmen	DüMV	x	
	BioAbfV	-	x
	EG-VO 1069/2009	Artikel 15**	Artikel 5 (1) Artikel 6 (1)

\* einschließlich rein pflanzliche Nebenprodukte nach EEG (2009) Anlage 2 Nr. V

\*\* Zulassung durch Thüringer Landesverwaltungsamt (TLVwA)

Das Abgeben von Gärresten zur Düngung an juristisch selbstständige Landwirtschaftsbetriebe ist als Inverkehrbringen im Düngegesetz (DüG) definiert. Die Düngemittelverordnung (DüMV) regelt die Qualitätsanforderungen und die Kennzeichnungspflichten für Wirtschafts- sowie organische Dünger. Die Überwachung der Einhaltung düngerechtlicher Normen erfolgt in Thüringen durch die Düngemittelverkehrskontrollstelle der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL). Die Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 enthält Regelungen im Bezug auf die Produkthygiene für die Behandlung und Verwendung von Substraten tierischen Ursprungs. Eingeschlossen sind auch die tierischen Wirtschaftsdünger. Durch die Gleichsetzung von behandelten und unbehandelten Wirtschaftsdüngern

werden die Anforderungen im Vergleich zu anderen Substraten tierischen Ursprungs deutlich reduziert. Allerdings wird durch die teilweise Aufhebung der Regelungen des tierischen Nebenproduktegesetzes (vgl. § 2, Absatz 2, Nummer 2 KrWG) Gülle, die in einer BGA Verwendung findet, in den Geltungsbereich des KrWG gestellt. Ungeachtet dessen unterliegen Biogasgülle/Gärreste nach der Passage der Biogasanlage wieder der Einstufung als Wirtschaftsdünger.

## Eigenschaften von Biogasgülle und Gärresten

### Trockenmasse- und Nährstoffgehalte

Die Eigenschaftsänderungen der Biogasgülle (TS-Abbau, N-Mineralisierung, Geruchsabbau, Hygienisierung, ...) im Vergleich zum Ausgangssubstrat verstärken sich mit zunehmendem Abbau der organischen Substanz, die im Einzelnen durch verlängerte Verweilzeit des Substrates in der Biogasanlage bzw. durch steigende Reaktionstemperaturen bestimmt werden. Demgegenüber schwächt eine steigende Reaktorbelastung (gemessen in kg organische Trockensubstanz pro m<sup>3</sup> Reaktorvolumen und Tag) und eine verkürzte Verweilzeit die Eigenschaftsänderungen ab.

Im Rahmen eines Monitorings in Thüringer Biogasanlagen wurden bei 125 Anlagen alle Eingangssubstrate und Gärreste analysiert. Bei Vergleich der Nährstoffgehalte des aus den Einzelsubstraten errechneten Mischsubstrates und des Gärrestes zeigen sich die wesentlichen Eigenschaftsänderungen (Tab. 2).

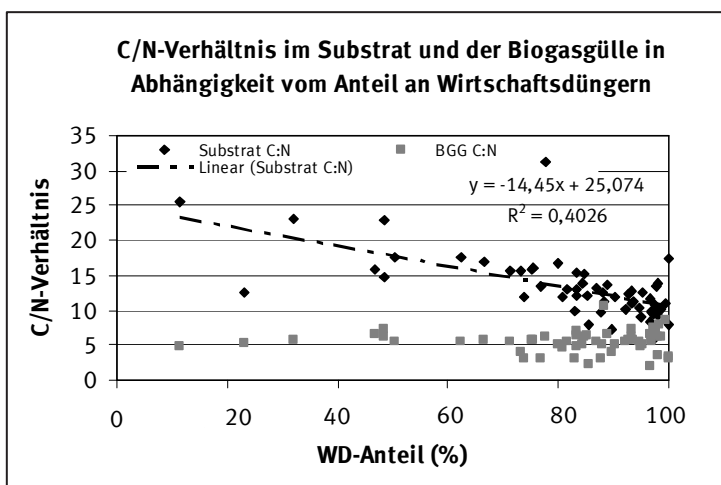
**Tabelle 2:** Nährstoffgehalte von Mischsubstrat und Gärrest  
(Quelle: Monitoring Thüringer BGA 2004 bis 2008, n = 125)

Parameter	Einheit	Mischsubstrat		Gärrest	
		Mittel	s (%)	Mittel	s (%)
TM	%	13,20	37	5,80	29
oTS	% d. TS	81,38	5	71,81	7
pH		6,89	7	7,71	3
Nt	% d. FM	0,50	30	0,43	22
NH <sub>4</sub> -N	% d. Nt	42,1	37	68,9	21
C <sub>org.</sub>	% d. TS	44,1	12	39,2	17
C/N		12	29	5	30
P	% d. FM	0,102	42	0,080	33
K	% d. FM	3,17	29	3,04	27
Mg	% d. FM	0,08	35	0,06	33
S	mg/kg TM	5.713	30	7.638	67
S	kg/m <sup>3</sup>	0,56	33	0,39	34
Zn	mg/kg TM	209	107	620	115
Cu	mg/kg TM	149	252	393	92

Die Konvertierung von organisch gebundenem Kohlenstoff zu Methan führt in den Substraten zu einer deutlichen Reduktion der organischen Trockensubstanz und damit zu einem Masseabbau. Auch sinkt der Anteil organischer Trockensubstanz am Gesamttrockensubstanzgehalt ab. Die in den Biogassubstraten vorhandenen Schwermetalle verbleiben in der Biogasgülle. Der Abbau von organischer Trockensubstanz führt zu einer Erhöhung des auf Trockensubstanz bezogenen Schwermetallgehaltes (mg/kg TS). Das ist zur Einhaltung der Grenzwerte für Schadstoffe laut DüMV Anlage 2, Tabelle 1.4 zu beachten.

### C/N-Verhältnis und pH-Wert

Zu beachten ist, dass sich durch den Kohlenstoffabbau eine deutliche Verengung des C/N-Verhältnisses ergibt und dass im Substrat mit steigendem Wirtschaftsdüngeranteil (WD-Anteil) das C/N-Verhältnis sinkt. Dagegen hat die Biogasgülle unabhängig vom WD-Anteil ein relativ einheitliches C/N-Verhältnis von ca. 5 zu 1.



Infolge des geringeren Trockensubstanzgehaltes und der besseren Fließfähigkeit ist in Verbindung mit einer geringeren Viskosität ein schnelleres Infiltrieren der flüssigen Wirtschaftsdünger nach der Applikation festzustellen. Die Biogasgülle haftet weniger an den Pflanzen und bietet gute Voraussetzungen zur Vermeidung von Stickstoffverlusten.

Die Verringerung des TS-Gehaltes und besonders das mehrfache Umwälzen der Wirtschaftsdünger in der Biogasanlage und damit die Lokalisierung und Entfernung von Störstoffen führen zu einer deutlichen Verminderung der Gefahr von technologischen Störungen (Verstopfungen) bei der Ausbringung. Durch die Biogaserzeugung steigt der pH-Wert der Wirtschaftsdünger vom schwach sauren Niveau (6,5 bis 7) bis in den alkalischen Bereich von 7 bis 8 an. Der Anstieg des pH-Wertes führt infolge der geringeren Löslichkeit von Ammoniak zum Risiko gasförmiger Stickstoffverluste.

### **Veränderungen der Stickstoffgehalte und Stickstoffbindungsformen**

Der Abbau von organischer Substanz und speziell der Eiweißverbindungen bewirkt die Mineralisierung von organisch gebundenem Stickstoff. Somit ist mit einer Steigerung des als Ammonium vorliegenden Stickstoffanteils in der Biogasgülle zu kalkulieren (vgl. Tab. 2). Im Mittel kommt eine Erhöhung des  $\text{NH}_4$ -Anteils am Gesamtstickstoff von 40 bis 50 % auf 55 bis 70 % zum Tragen. Daraus resultiert neben einer höheren und kurzfristigen Stickstoffdüngewirkung beim Einsatz von Biogasgülle im Vergleich zu Rohgülle auch die Gefahr erhöhter gasförmiger Stickstoffverluste.

Bezüglich des Gehaltes an Gesamt-N ist zu beachten, dass sich in Abhängigkeit vom pH-Wert (7,5 bis 8,0) und der Temperatur (38 bis 42 °C) während der Fermentation das Lösungsgleichgewicht zwischen Ammonium und Ammoniak in Richtung des Ammoniaks verschiebt. Somit liegt ein Übergang von Ammoniak aus dem flüssigen Substrat im Fermenter in die Gasphase in der Größenordnung von 5 bis 15 % möglicherweise vor. Anhand der mittleren Nährstoffgehalte von Gärresten wurde in Thüringen ein N-Verlust von fast 15 % festgestellt.

### **Ätزشäden und Geruchsabbau**

Eine Verringerung der Gefahr von Ätزشäden ist zu erwarten, da

- ein Abbau von flüchtigen Fettsäuren ( $\text{C}_2$ - $\text{C}_6$ ) erfolgt,
- der pH-Wert steigt und
- ein schnelleres Abtropfen der Wirtschaftsdünger von den Pflanzen infolge der Veränderung der Viskosität und des reduzierten TS-Gehaltes zu erwarten ist.

In Abhängigkeit von der Verweilzeit in der Biogasanlage kommt eine deutliche Veränderung der Geruchsintensität und -qualität vor. Besonders bei sehr unangenehm riechenden Wirtschaftsdüngern (z. B. Schweinegülle, Geflügeltrockenkot) ist eine positiv zu bemerkende Veränderung der Geruchszusammensetzung in Richtung eines erdigen kompostähnlichen Geruchs vorhanden.

## Hygienisierungswirkung und Reduktion von Unkrautsamen

Anhand des Monitorings der Thüringer Biogasanlagen 2012 zeigt sich, dass der hygienische Status der flüssigen Gärreste deutlich besser ist als der von Rohgülle. Durch die Vergärung liegt bei der Gesamtkeimzahl eine Reduktion im Mittel um 1 bis 2 Zehnerpotenzen vor. Weiter werden auch die *E. coli* deutlich um mindestens 3 Zehnerpotenzen bis auf die Nachweisgrenze (100 KBE/g) und die Fäkalstreptokokken um 1 bis 2 Zehnerpotenzen gegenüber den Ausgangssubstraten reduziert. Die Verminderung der Clostridien ist ebenfalls messbar, auch wenn hier geringere Abbauraten vorhanden sind (Tab. 3).

Der Vergleich von Stallmist mit den festen Gärresten führt zu ähnlichen Ergebnissen.

**Tabelle 3:** Ergebnisse zum hygienischen Status von Wirtschaftsdünger und Gärrest (KBE/g)

	n	Gesamtkeimzahl	Fäkalstreptokokken	<i>E. coli</i>	Clostridien
Gülle	28	$115 \times 10^6$	$333 \times 10^3$	$156 \times 10^3$	5 381
Gärrest flüssig	22	$3,9 \times 10^6$	$16 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$	1 327
Stallmist	10	$946 \times 10^6$	$37 \times 10^3$	$236 \times 10^3$	1 001
Gärrest fest	3	$99 \times 10^6$	$15 \times 10^3$	$0,1 \times 10^3$	317

Bereits unter mesophilen Bedingungen ist nach kurzer Einwirkzeit eine Reduktion von Pilzsporen zu erwarten. Wurmeier und Larven werden im mesophilen Temperaturbereich innerhalb weniger Tage und im thermophilen Bereich innerhalb weniger Stunden zerstört.

Die Biogaserzeugung führt zu einer deutlichen Verminderung der Unkrautsamen. Dieser Effekt ist umso stärker, je länger die Aufenthaltszeit im Fermenter und je höher die Temperatur liegt.

## Methode zur Ermittlung des Masseabbaus sowie der Nährstoffgehalte

Der Abbau der organischen Trockenmasse aus der Methanausbeute wird ermittelt, indem man über das stöchiometrische Gleichgewicht das Gewicht des gebildeten Biogases in Abhängigkeit vom Methangehalt bestimmt und dann das Biogasegewicht vom Substrateinsatz abzieht. In Abhängigkeit vom Methangehalt hat Biogas ein Gewicht von 1,25 bis 1,35 kg/m<sup>3</sup>.

Per Hand lässt sich einfacher der Masseabbau, aber auch über die Fugatfaktoren, die auf Grundlage der Gaserträge nach KTBL (KTBL-Heft Nr. 88) für mittlere Verhältnisse gelten, ermitteln. Die folgenden Fugatfaktoren geben an, wie viel Substratmasse nach der Vergärung noch vorhanden ist:

- Gülle 98 %
- Mais- und Anwelksilage 75 %
- Stallmist 90 %
- Ganzpflanzensilage 70 %
- Trockenkot 80 %
- Getreidekorn 20 %

Entsprechend dem Rechenbeispiel (Tab. 4) für eine 150 kW gülledominierte Biogasanlage ergibt sich eine Massenreduzierung auf 92,5 %.

**Tabelle 4:** Rechenbeispiel zur Ermittlung des Masseabbaus

<b>Substrat</b>	<b>Substrateinsatz</b> t / d	<b>Fugatfaktor</b> %	<b>Gärrestanfall</b> t / d
Rindergülle	20	98	19,6
Maissilage	5	75	3,75
Trockenkot	2	80	1,6
<b>Summe</b>	<b>27</b>		<b>24,95</b>

Der Gehalt der Gärreste an Phosphor, Kalium und Magnesium ergibt sich aus der Mischungsbilanz der eingesetzten Materialien (Tab. 5). Besonders bei Einsatz von TS-reichen Substraten und NaWaRo betonten Anlagen führt der Masseabbau zur Erhöhung der Nährstoffgehalte. Bei der Ermittlung des Stickstoffgehaltes ist zu beachten, dass in Abhängigkeit vom pH-Wert (7,5 bis 8) und der Temperatur (38 bis 43 °C) eine Verschiebung des Lösungsgleichgewichtes zwischen Ammonium und Ammoniak erfolgt und die Konzentration des gasförmigen Ammoniaks ansteigt (vgl. Pkt. Stickstoffgehalte und -bindungsformen).

Die Nährstoffgehalte von Gärresten werden wesentlich von den eingesetzten Substraten und den Vergärungsbedingungen bestimmt. Die Fermentation entzieht dem Substrat im Wesentlichen nur Kohlenstoff. Somit ergeben sich die Gehalte der Hauptnährstoffe aus der Mischungsbilanz der eingesetzten Substrate. Durch die höheren Gasausbeuten der Feldfrüchte im Vergleich zu den Wirtschaftsdüngern sind die Eigenschaften der Biogasgülle und Gärreste nicht direkt vom Gülleanteil abhängig. Die Düngungseigenschaften der Biogasgülle ähneln denen des Wirtschaftsdüngers Gülle, wobei aber besonders die veränderten Kohlenstoffgehalte und die Bindungsformen des Stickstoffs zu beachten sind.



**Tabelle 5:** Rechenbeispiel zur Ermittlung der Nährstoffgehalte

<b>Substrat</b> Einheit	<b>Einsatzmenge</b> t/d	<b>N-Gehalt<sup>1)</sup></b> kg/m <sup>3</sup> FM	<b>P-Gehalt</b> kg/m <sup>3</sup> FM	<b>K-Gehalt</b> kg/m <sup>3</sup> FM
Rindergülle	20	3,8	0,66	4,42
Maissilage	5	4,3	0,08	0,42
Trockenkot	2	25,7	9,04	15,0
Biogasgülle	24,95 <sup>2)</sup>	6,0	1,27	4,83

<sup>1)</sup> Stall und Lagerungsverluste nach DVO beachtet

<sup>2)</sup> incl. Masseabbau bei Gasertrag nach KTBL Heft 88 (vgl. Tab. 1)

Relativ einfach lassen sich die Masseverluste und die Nährstoffgehalte auch mittels des TLL-Rechners Biogasgülle - Anfall, Inhaltsstoffe, Kosten und Wert der Biogasgülle berechnen (*Quelle: [www.tll.de/ainfo](http://www.tll.de/ainfo) Stichwort Biogas*).

## **Humuswirkung von Biogasgülle**

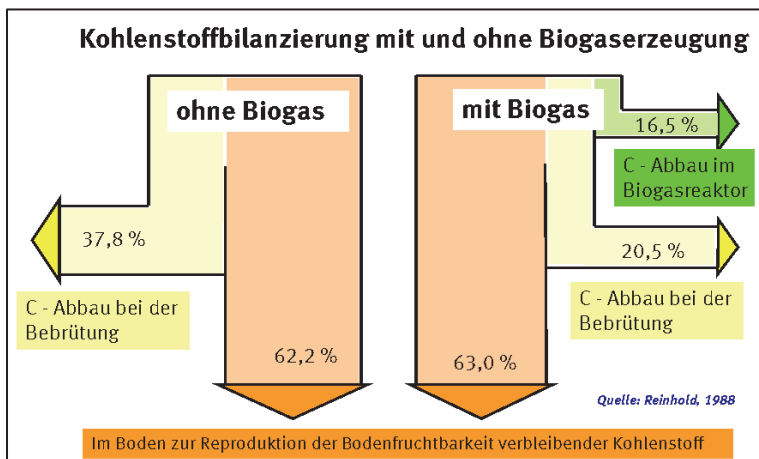
Die Ergebnisse der in den 1980er Jahren zeigen, dass die Biogaserzeugung zu einer ähnlichen C-Stabilisierung wie die aerobe Rotte führt. Die Ergebnisse von Bebrütungsversuchen mit Boden-Gülle sowie Boden-Biogasgülle-Gemischen belegen, dass die Düngung unvergorener und vergorener Gülle eine vergleichbare Humusreproduktion zur Folge hat. Ursache ist die höhere C-Stabilität der Biogasgülle im Vergleich zur unvergorenen Gülle. Allerdings können Aussagen zur Humusdynamik im Boden nur mit Hilfe langjähriger Experimente getroffen werden. Da Ergebnisse von Langzeituntersuchungen zur C-Dynamik im Boden nach Biogasgülledüngung noch nicht vorliegen, wurde zur Schätzung der Humuswirkung der Gärreste der VDLUFA-Standpunkt zur Humusbilanzierung (2004) herangezogen. Dieser geht von einer höheren Humusreproduktionsleistung der Biogasgülle im Vergleich zu unvergorenen Wirtschaftsdüngern aus (siehe Kohlenstoffbilanzierung).

Für Wirtschaftsdünger ist mit einer Humusreproduktion von 87 kg Humus C/t TS und für Gärprodukte mit einem deutlich gestiegenen Faktor von 142 kg Humus C/t TS zu kalkulieren. Auch wenn hierfür nur ältere experimentelle Untersuchungen aus der Güllevergärung vorliegen, so sollte doch bei der Bewertung der Biogasgülle der höhere Humusreproduktionsfaktor zur Anwendung kommen.

## Ausblick

Mit dem EEG wurden die Grundlagen für den verstärkten Einsatz von Ko-Substraten geschaffen. Hieraus ergeben sich in Abhängigkeit von Menge der eingesetzten Ko-Substraten folgende zu beachtende Aspekte:

- Steigerung des Lagerraumbedarfes,
- Veränderung im Nährstoffgehalt,
- Veränderungen im Bedarf an Verwertungsfläche,
- gegebenenfalls erforderliche Reduktion der Gabenhöhe aufgrund des gestiegenen Nährstoffgehaltes und
- Beachtung des höheren Ammonium-Gehaltes bei der Kalkulation der Gabenhöhe.



Mit der Verabschiedung des EEG werden die Voraussetzungen zum deutlich erweiterten Einsatz der Biogastechnologien in der Landwirtschaft geschaffen. Der Landwirt muss die Veränderung der Substrateigenschaften bei der Biogaserzeugung kennen und die sich daraus ergebenden Anforderungen an den Einsatz der Biogasgülle beachten.

Prinzipiell bietet die Biogastechnologie Möglichkeiten zur Steigerung der Düngewirkung der Wirtschaftsdünger. Allerdings sind auch die umweltrelevanten Aspekte im Zusammenhang mit Nährstoffverlusten zu beachten.

## **Impressum**

Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft  
Naumburger Str. 98, 07743 Jena  
Tel.: 03641 683-0, Fax: 03641 683-390  
Mail: [pressestelle@tll.thueringen.de](mailto:pressestelle@tll.thueringen.de)

**Autoren:** **Dr. Gerd Reinhold, Ronald Riedel, Dr. Wilfried Zorn und Dr. Volkmar König**

September 2012

### **Copyright:**

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe sind dem Herausgeber vorbehalten.