

Standpunkt

zur

Vergärung von Stroh in landwirtschaftlichen Biogasanlagen



Impressum

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

Autoren: **Dr. Gerd Reinhold**

Februar 2014

Copyright:

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

Zusammenfassende Schlussfolgerungen

- Prinzipiell ist Stroh als eine Ergänzung des Substratspektrums aber kaum als Alternative zur Maissilage zu sehen.
- Eine Strohmitvergärung lässt sich im EEG 2012 aufgrund der im Vergleich zur Maissilage reduzierten Substratkosten finanziell darstellen.
- Der Stroheinsatz sollte als vorrangig in kleinen bis mittleren Biogasanlagen (BGA) erfolgen, um die Transportaufwendungen zu begrenzen, auch wenn die Regelungen des EEG 2012 dies nicht immer unterstützen.
- Eine Strohmonovergärung erfordert umfangreiche verfahrenstechnische Entwicklungen.
- Aus verfahrenstechnischer Sicht ist die Mitvergärung von Stroh schon heute einfach unter Nutzung regional verfügbarer TS-arter und nährstoffreicher Flüssigkeiten (Jauche, Schweinezuchtgülle, ...) realisierbar. Für eine Strohmonovergärung mit Rezirkulation der Flüssigkeit besteht allerdings noch erheblicher Entwicklungsbedarf.
- Die Effekte des EEG 2012 wirken für die Strohnutzung sowohl positiv (150 Tage Verweilzeit) als auch negativ (Anrechnung von nur 200 l CH₄/kg oTS) und sind deshalb im konkreten Fall zu bewerten. Die Forderung des Nachweises, dass keine Kornnutzung für energetische Zwecke erfolgt, kann im Einzelfall problematisch sein.
- Im Vergleich zur konventionellen Vergärung führt direkter Stroheinsatz in der Regel zu einem erhöhten Prozessstrombedarf (Aufbereitung des Strohs).
- Die Erhöhung der Einstreumenge und der nachfolgende Stallmisteinsatz in den BGA stellt eine Alternative zur Aufbereitung des Strohs dar. Dadurch wird teilweise eine kostenfreie Strohaufbereitung durch die Tiere erreicht.
- Auch die Wiederbelebung der Häckselgutlinie bzw. der Einsatz von Ladewagen in Verbindung mit einer kostengünstigen Mietenlagerung, die zusätzlich zur Vermeidung der Bindegarnprobleme führt, kann eine zu beachtende Entwicklungsrichtung sein.

1 Problem und Zielstellung

Mit 2,1 Mio. ha nehmen die Energiepflanzen rund 85 % der Fläche der nachwachsenden Rohstoffe in Deutschland ein. Besonders mit der Entwicklung der Biogastechnologie auf Basis nachwachsender Rohstoffe und deren Einführung in der Landwirtschaft ist ein zunehmender Flächenbedarf festzustellen. 2012 lag erstmals ein größerer Flächenbedarf für Biogaspflanzen als der für Biodiesel und Pflanzenöl vor. Die nur eine weitgehende Nutzung von Nebenprodukten, Reststoffen und Wirtschaftsdüngern, die keinen Flächenbedarf haben, ermöglicht die Realisierung der angestrebten Ziele der Energiewende.

Stroh als Koppelprodukt der Getreideproduktion stellt eine regional verfügbare Biomassequelle dar. Die Verwertungsmöglichkeiten gilt es neben dem thermischen und stofflichen Bereich auch für den Bereich der Vergärung abzuschätzen.

Ausgehend vom steigenden Flächenbedarf für Biogasanlagen wird der Stroheinsatz zur Vergärung als Ergänzung zum Anbau von NaWaRo geprüft und die technische und wirtschaftliche Vergärbarkeit von Stroh im Vergleich zu anderen Feldfrüchten abgeschätzt. Auch stellt sich die Frage, ob Stroh als Ergänzung zu den bisher verwendeten Substraten oder besser in der Monovergärung einzusetzen ist.

Die Regionen mit hohem Tierbesatz im Süden und Nordwesten Deutschlands sind auch die Regionen mit der höchsten BGA-Dichte (kW/ha LF). Zu beachten ist, dass eine hohe Viehdichte zu hoher Anbaukonzentration von Mais (Silomais - Rind; CCM - Schwein) bei vermindertem Getreideanbau führt. Damit stellt der Stroheinsatz für die Vergärung in Regionen mit hohem Tierbesatz kaum eine Lösung für die Maisanbaukonzentration dar.

In den Regionen mit hohem Tierbesatz wird auch wenig Wirtschaftsdünger zur Vergärung eingesetzt. Ursachen hierfür sind oft, dass

- die BGA mit der Übernahme der Gülle auch die Entsorgungsaufgabe übernehmen,
- die BGA im Vergleich zur Betriebsgröße zu groß sind und somit
- die geringe Größe der Tierproduktionsanlagen vor Ort oft einen mobilen Gülletransport erfordern würde.

In Mitteldeutschland dagegen ist eine hohe Strohverfügbarkeit gegeben und die Errichtung der BGA erfolgte vorrangig am Standort der großen Tierhaltungsanlagen mit überwiegend Gülle am Substratmix.

2 Chancen und Potenzial der Strohvergärung

2.1 Strohanfall

Der regionale Strohanfall für alternative Verwertungszwecke ist abhängig vom Getreideanteil in der Fruchtfolge, dem Tierbesatz und der zur Sicherung der Humusreproduktion notwendigen Strohrückführung. Im Rahmen eines Drittmittelprojektes erfolgte auf Landkreisebene die Ermittlung des freien Strohpotenzials unter Beachtung der Bilanzierungsmethoden:

- 13 Mio. t/a nach VDLUFA (untere Werte)
- 10 Mio. t/a nach VDLUFA (obere Werte)
- 8 Mio. t/a nach der Dynamischen Humuseinheiten-Methode (Repro).

Die Unterschiede im verfügbaren Strohpotenzial ergeben sich bei den drei untersuchten Methoden vorrangig aus der Bewertung der Humuswirkung von Stroh, was sich deutlich an den Unterschieden zwischen den Bilanzierungsmethoden in den klassischen Ackerbaueregionen zeigt. Ungeachtet der Bilanzierungsmethoden erfolgt aber zurzeit kaum eine Nutzung des verfügbaren Strohpotenzials. Alle bisher diskutierten Nutzungspfade von Stroh, wie die Strohverbrennung, der Einsatz von Stroh für BTL bzw. die stoffliche Nutzung (z. B. als Dämmstoff), wurden nur in einzelnen Pilotanlagen realisiert.

Bei konservativer Herangehensweise (210 l CH₄/kg oTS) lassen sich je Tonne Stroh 168 m³ Methan erzeugen. Bei Maissilage sind es dagegen aufgrund des deutlich geringeren TS-Gehaltes nur 103 m³ CH₄/t. Somit kann je Tonne Stroh eine Stromerzeugung von 640 kWh (309 kWh/t Silomais) erreicht werden. Bei einem unterstellten Gesamtpotenzial von rund 10 Mio. t Stroh entspricht das einer elektrischen Leistung von ca. 730 MW.

Vorteilhaft ist der Stroheinsatz zur Vergärung auch, da keine vollständige Kohlenstoffnutzung wie bei der Verbrennung erfolgt und somit ein Teil des Kohlenstoffes (Lignin) stabilisiert zur Humusreproduktion zurückgeführt wird. Es verbleiben die Pflanzennährstoffe (N, P, K, ...) im internen landwirtschaftlichen Stoffkreislauf.

2.2 Vergärungseigenschaften von Stroh

Stroh hat im Vergleich zu traditionellen Gärsubstraten, wie Maissilage und Rindergülle einen sehr hohen Trockensubstanzgehalt und geringe Lagerungsverluste. Beim Einsatz von Stroh zur Vergärung sind folgende Eigenschaften zu beachten:

- sehr TS-reich, mit hohem Kohlenstoffgehalt und geringen Gehalten an Makro- und Mikronährstoffen (Abb. 1),

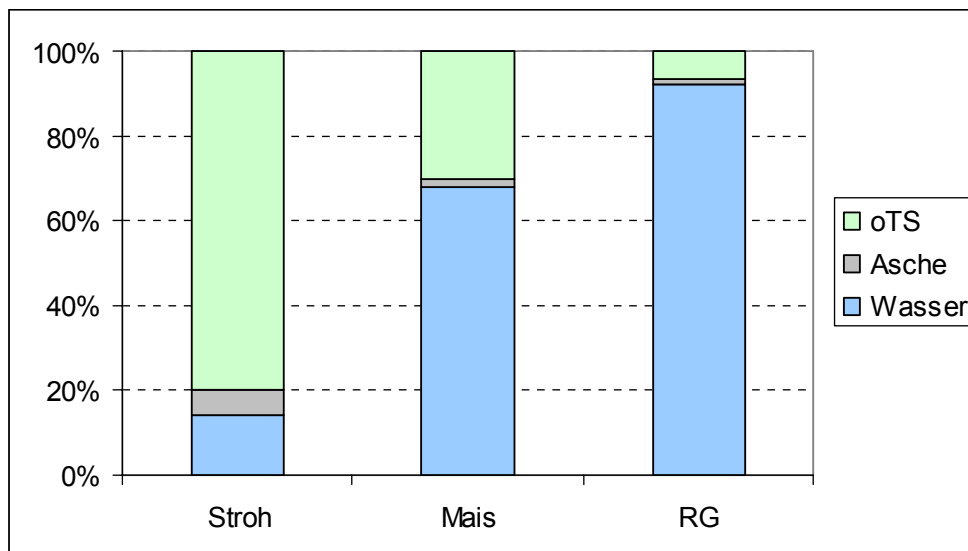


Abbildung 1:
Vergleich der TS-,
Asche- und Wasser-
gehalte von Biogas-
substraten

- eine Vergärung von Stroh zusammen mit TS-armen Flüssigkeiten, wie Gülle aus Schweinezuchtanlagen oder Jauche, erscheint sinnvoll, da auch aus energetischer Sicht keine Monovergärung dieser Flüssigkeiten erfolgen kann,
- in Abhängigkeit vom Verfahren und dem Strohanteil ist vor der Nassvergärung ein Einmaischen, eine Rückführung von Flüssigkeit und somit eine Fest-Flüssig-Trennung der Gärreste erforderlich,
- Bindegarn stellt bei Nutzung der Pressgutlinie einen zu beachtenden Störfaktor für die Rührwerke der BGA dar,
- Aufgrund relativ geringer Transport- und Lagerungsdichte sind in der Häckselgutlinie nur sehr kurze Transportentfernungen tolerierbar,
- geringe Transportwürdigkeit führt auch in der Pressgutlinie zu hohen Bergungskosten,
- Strobergung verschärft die Arbeitsspitze in der Getreideernte/Rapsbestellung, besonders in vieharmen Regionen,
- Lagerungskosten lassen sich ggf. durch Mietenlagerung deutlich reduzieren, wobei dann aber Verluste einzukalkulieren sind.

Die Gaserträge in Batch-Versuchen mit vorbehandeltem Stroh (optimalen Vergärungsbedingungen) erreichen mit ca. 230 - 270 (320) l Methan/kg oTS etwa 70 % des Gasertrages von Maissilage. Die im Labormaßstab übliche Zerkleinerung führt zu einem hohen Aufschluss und der Einsatz von Impfschlamm zum Ausgleich der Defizite an Spurenelementen und Nährstoffen. Die Vergärungszeit im Labor liegt mit 25 35 Tagen deutlich unter der im EEG für BGA festgelegten Zeit von 150 Tagen. Eine direkte Übertragung dieser Ergebnisse auf die Monovergärung von Stroh im technischen Maßstab ist somit nicht direkt möglich.

Stroh kann mit ca. 7 % Ascheanteil und einem schwer bzw. nicht vergärbaren Anteil der oTS von ca. 35 % nicht so weit aufgeschlossen werden wie Maissilage (Abb. 2) und Stroh ähnelt in dieser Weise deutlich mehr dem Wirtschaftsdünger, als dem Mais.

Die Nährstoffgehalte von Stroh zeigen, das sehr weite C/N-Verhältnis und die im Vergleich zum Wirtschaftsdünger nicht vorhandenen Spurenelemente. Dieser Mangel wirkt noch stärker als bei der Monovergärung von Maissilage und erfordert die Zugabe von Spurenelementen oder geeigneten Co-Substraten.

Die mechanische Zerkleinerung und Aufbereitung von Stroh als eine mögliche Voraussetzung für ein gutes Einmaischen und damit für eine problemarme Vergärung ermöglicht ei-

ne bessere Wasseraufnahme, trägt zur Schwimmschichtvermeidung bei und beschleunigt die Gasbildung.

Besonders bei den mechanischen Verfahren der Substrataufbereitung ist der Energieeinsatz zu beachten, der z. B. bei Extrudereinsatz bis ca. 10 % der Strohenergie betragen kann. Alle mechanischen Verfahren wie Lochscheibenzerkleinerer, Dissolver, Extruder, Prallreaktoren und Mühlen haben einen speziellen Einsatzbereich, der im Wesentlichen durch die Substratfeuchte bestimmt wird.

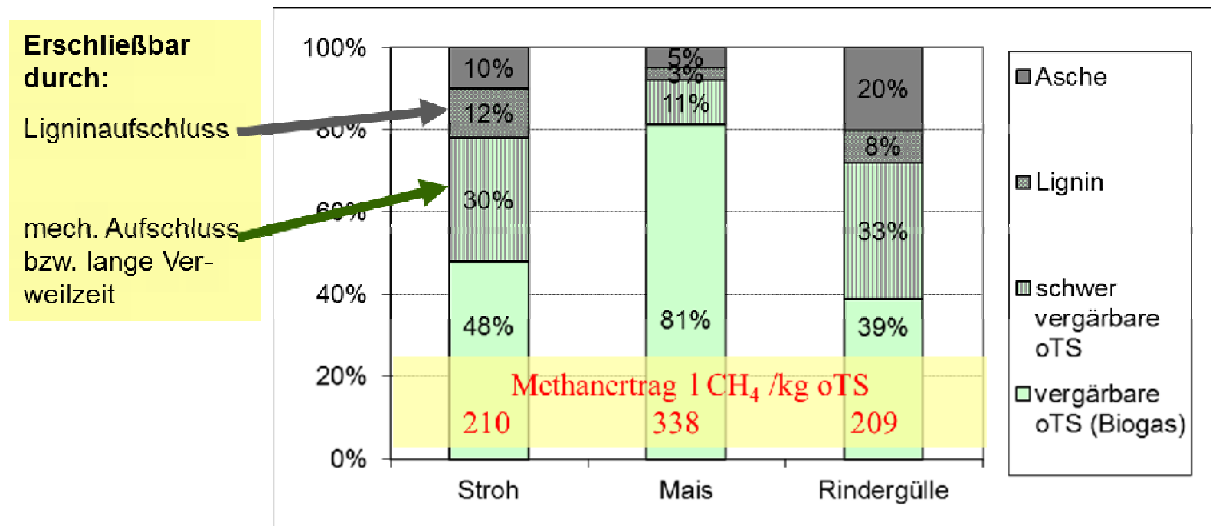


Abbildung 2: Zusammensetzung der Trockensubstanzgehalte von Biogassubstraten

Aus verfahrenstechnischer Sicht ist aufgrund des hohen TS-Gehaltes bei Strohmonovergärung der Zusatz von Flüssigkeit erforderlich. Diese kann kaum allein aus Rezirkulationsmengen realisiert werden, da mechanische Trennverfahren kaum TS-Gehalte > 40 % erreichen. Die Nutzung der Dünnpfase des separierten Gärrests kann die notwendige Flüssigkeitszufuhr und -ausbringung deutlich verringern. Spurennährstoffe und Stickstoff verbleiben im Kreislauf, was die Notwendigkeit von deren Zugabe reduziert. Je nach Verfahren besteht aber auch die Gefahr, dass sich für den Vergärungsprozess schädliche Salze u. ä. in der Flüssigkeit kumulieren. Vermeiden lassen sich diese Probleme durch Mitvergärung von TS-armen Flüssigkeiten, wie Jauche und Prozesswasser, sofern diese am Standort verfügbar sind.

2.3 Rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Strohvergärung

Die technischen Vorgaben des EEG 2012 in § 6 mit einer Mindestverweilzeit im gasdichten Raum von 150 Tagen stellen einen Vorteil für die Strohvergärungsanlagen dar, da solche langen Verweilzeiten für schwer vergärbare Substrate wie Stroh als günstiger einzuschätzen sind. Die Einordnung in die Einsatzstoffgruppe 2 als ökologisch wichtige Stoffe führt zu einem Einsatzstoffbonus von 8 Cent/kWh.

Stroh ist in der Biomasseverordnung wie folgt definiert:

“...als halmgutartiges Nebenernteprodukt von Getreide, Ölsaaten, Körnerleguminosen, wenn das Hauptprodukt (Korn) nicht energetisch genutzt wird und das halmgutartige Nebenernteprodukt vom Korn separiert vorliegt.“

Mit der Festlegung, dass das Korn nicht energetisch genutzt werden darf, versuchte der Gesetzgeber eine Abgrenzung zum Ganzpflanzengetreide. Praktisch ist diese Forderung

aber kaum realisierbar, da die Art der Lagerung und die Übergabe des Kornes an den Handel eine Rückverfolgbarkeit verhindert.

Mit der Festlegung des anzurechnenden Methanertrages von 161 m³ CH₄/t FM in der Biomasseverordnung, der einem Methanertrag von rund 200 l/kg oTS bei 86 % TS und 93 % oTS entspricht, wird eine Substrataufbereitung, die wiederum zu höheren Erträgen bei der Mitvergärung von Stroh führt, eindeutig benachteiligt. Stroh hat nach Berechnung der TLL (Degner, 2012) einen Nährstoffbruttowert (ohne N- Verluste) von ca. 20 €/t, die aber bei Einsatz zur Vergärung im internen Kreislauf verbleiben. Ernte- und Transportkosten liegen bei 34 €/t und für die Lagerung unter Dach sind 25 €/t zu veranschlagen. Kostenreserven bestehen ggf. bei Einführung einer Mietenlagerung, da eindringende Feuchtigkeit für die Vergärung nur ein Problem darstellt, wenn es zu Schimmelbildung und Atmungsverlusten kommt.

Der Marktpreis ist dagegen durch Einbeziehung des Nährstoffwertes und die Wirkung von Jahreseinflüssen zum Teil deutlich höher. Auch wirken die gering gehandelten Mengen und die Vermarktung in Kleinmengen preisstigernd (Tab. 2).

Die Einsatzstoffvergütung trägt die Strohkosten zu 86 % (inkl. Lagerungskosten unter Dach) bzw. zu 150 % (ohne Lagerungskosten). Im Vergleich dazu liefert der Einsatzstoffbonus bei Maissilage nur 62 % der Substratkosten. Bei höheren Gaserträgen von z. B. 250 l CH₄/kg oTS trägt der Bonus 103 % bzw. 179 % der Strohkosten.

Bei 38 % Wirkungsgrad ergeben sich für Stroh in Abhängigkeit von der Lagerung Kosten zwischen 0,08 und 0,13 ct/kWh. Für Vergärungsverfahren ist die aufwändige Unter-Dach-Lagerung von Stroh sicherlich nicht erforderlich und auch ein Wechsel von der Ballengutlinie zur Häckselgutlinie oder den Einsatz von Ladewagen schafft bei regionaler Verwertung Möglichkeiten zur Kostensenkung. Damit wird die Strohvergärung finanziell denkbar, da die Strohkosten geringer als die Substratkosten von Mais sind. Der erhöhte Prozessstrombedarf für die Strohaufbereitung kostet ca. 1 ct/kWh.

Tabelle 1: Substratvergleich

	Einheit	Stroh		Maissilage	Rindergülle
Gasausbeute nach KTBL	l CH ₄ /kg oTS	210		338	209
	m ³ /t FM	168		103	13
Einsatzstoffvergütung (EEG 2012)	ct/kWh	8		6	8
	€/t FM	51		23	4
Nährstoffwert (Kreislauf ggf. sind N-Verluste zu ergänzen)	€/t FM	19,7		10,9	10,5
Verluste (Lagerung / Silierung)	%	0 ... 5		10	0 ... 2
Kosten					
Feldproduktion	€/t FM	0		19,2	0
Ernte u. Transport	€/t FM	34		9,9	0
Lagerung	€/t FM	25	0	8,9	Tierhaltung
Summe	€/t FM	59	34	34	
	€/t oTS	74	42,5	125	
	€/m ³ CH ₄	0,35	0,20	0,37	
	€/kWh	0,13	0,08	0,14	

Aus verfahrenstechnischer Sicht ist die Vergärung von Stroh als Mitvergärung am einfachsten, wenn ein ausreichendes Potenzial an TS-arter und ggf. nährstoffreicher Flüssigkeit (Jauche, Gülle aus Schweinezuchtanlagen, ...) vorliegen.

Anhand einer ökonomischen Grobkalkulation von Stroh-Jauche-Vergärungsanlagen in drei Leistungsbereichen (Tab. 3) zeigt sich, dass unter den Bedingungen des EEG 2012 für kleine Pilotanlagen, die abrechnungsseitig als kleine Gülleanlage mit 25 ct/kWh geführt werden, noch ein deutlicher Förderzuschuss erforderlich wäre. Mit steigender Anlagengröße erhöht sich zwar die aus der Vergütung abgeleitete maximal mögliche Investitionssumme, aber auch das wirtschaftliche und besonders das verfahrenstechnische Risiko steigt.

Tabelle 2: Maximal mögliche Investitionen für kombinierte Stroh-Jauche-Vergärungsanlagen in drei Leistungsbereichen (Unterstellungen: 3 t/ha, 50 €/t, 210 l CH₄ / kg oTS, 2 kg oTS/m³ d, Verweilzeit 96 d, Prozessstrom 13 ... 15 %)

Variante:		Pilot	klein	Mittel
BHKW-Größe	kW	40	140	440
Stroheinsatz	ha/a	150	500	1.500
	t/a	428	1.525	4.275
Jaucheeinsatz	t/a	1.750	5.000	15.000
Fermentergröße	m ³	500	1.700	5.000
Gärrestlager	m ³	Vorhanden		
Wärmenutzung	kW	20	50	160
Vergütung EEG 2012	ct/kWh	25,0	22,3	21,1
max. mögl. Investition	€/kW	3.700	4.600	5.302

Aufgrund der Regionalität des Strohanfalls und zur Vermeidung entsprechender Transportaufwendungen kann die Strohvergärung vorerst vorrangig im kleineren bis mittleren Anlagengrößenbereich erprobt werden. Ziel ist die Gewinnung entsprechender technischer und verfahrenstechnischer Erfahrungen.

Allerdings hat das EEG 2012 dafür die wirtschaftlichen Voraussetzungen besonders für kleine und mittlere Anlagen (bis 500 kW) wirtschaftlich schlechter gestellt.

Bei Realisierung der andiskutierten bilanziellen Teilbarkeit des Biomethans in Reststoffe und NaWaRo eröffnet sich für Biomethan aus Stroh als regenerativen Kraftstoff eine ökonomisch höherwertige Vermarktungsmöglichkeit durch die Doppel-Anrechnung von Abfall- und Reststoffen auf die Quote.

Neue Entwicklungen wie z. B. in Zörbig zeigen eine Strohmitvergärung in einer mit Schlempe der Bioethanolproduktion gefütterten BGA. In Abhängigkeit vom regionalen Reststrohaufkommen werden zurzeit auch Großanlagen zur Monovergärung von Stroh im Leistungsbereich >1 MW diskutiert und geplant.