

# Strohpellets für die Biogasanlage?

Sich ändernde politische Vorgaben erhöhen den Druck, Mais in der Biogasproduktion durch alternative Substrate zu ersetzen. Welches Potential Strohpellets bieten, wurde in einem Verbundprojekt untersucht. Dirk Augustin und Sören Mohrmann stellen die Ergebnisse vor.



Ab 2024 beginnt die »große Welle«: Für eine Vielzahl der Biogasanlagen in Deutschland wird die erste, 20-jährige Förderperiode des EEG auslaufen. Wer eine Anschlussförderung nutzen möchte, muss in die Ausschreibung. Da der Deckel aktuell nur noch 40% Mais und Maisprodukte wie CCM oder Körnermais sowie Getreidekorn vorsieht, sollten Sie rechtzeitig Alternativen ins Visier nehmen. Ab 2024 beträgt der maximale Anteil dieser Substrate 35% und ab 2026 nur noch 30%. Erschwerend wirkt der verpflichtende Fruchtwechsel nach der neuen GAP. Darüber hinaus gewinnt die europäische Erneuerbare-Energien-Richtlinie II

(RED II) an Bedeutung. Wer darüber nachdenkt, seine Biogasanlage auf die Erzeugung von Biomethan oder LNG umzustellen, kommt um die Nutzung von Reststoffen wie Stroh neben Wirtschaftsdüngern praktisch nicht herum.

**Getreidestroh: gut verfügbar, relativ kostengünstig, aber trotzdem kaum genutzt.** Mit regionalen Einschränkungen, wie beispielsweise der Veredelungsregion Nordwest, ist die Verfügbarkeit von Stroh in Deutschland für die energetische Nutzung recht gut und das Energiepotential entsprechend groß. Geht man davon aus, dass die Gärreste zurückgeführt werden,

ist der oft genannte Nachteil der humuszehrenden Wirkung der Strohabfuhr weit aus weniger problematisch als die Nutzung von Stroh in Heizkraftwerken oder zur Kraftstoffherstellung.

Aus Sicht der Biogasferzeugung stellen die unterstellte geringe Verdaulichkeit und die geringe Transportwürdigkeit (hohes Volumen, geringe Dichte), die langfasrige Struktur und die hohen TS-Gehalte allerdings ein Hindernis dar, Stroh zu vergären. Auch technische und chemische Aufbereitungsverfahren wie z.B. die Co-Silierung mit Zuckerrüben oder Silomais haben bisher nicht zu einer wesentlichen Nutzung von Stroh in Biogasanlagen ge-

## Übersicht 1: Vergleich der Vergärungseigenschaften

	Mais-silage*	Stroh-pellets**
% TS	35 %	92 %
% oTS an TS	95 %	94 %
l/kg oTS Biogas	650	560
% Methan	52,0 %	51,9 %
l/kg oTS Methan	338,0	290,5
m <sup>3</sup> Methan/t FM	112,4	251,0
Fugatfaktor	0,76	0,38

Quelle: Eigene Darstellung nach \*KTBL, 2013;  
\*\*HAWK, 2022 (unveröffentlicht)



Fotos: Mohrmann

führt. Während mit Blick auf das EEG aktuell (noch) keine Dringlichkeit zur Reduktion des Maisanteils besteht, geben die vor dem Hintergrund des Ukrainekrieges neu entfachte Teller-/Tank-Debatte auf politischer Ebene und die abnehmende Wirtschaftlichkeit des Energiepflanzenbaus im Vergleich zum Marktfruchtbau Anlass, über Alternativen neu nachzudenken.

**Die Eigenschaften von Strohpellets sind vielversprechend.** Erste Untersuchungen zur Vergärung von Pellets zeigen, dass die Probleme, die bei der Vergärung von Lang- oder Häckselstroh auftreten können, durch die Pelletierung deutlich reduziert werden. Zur Beurteilung der physikalisch-chemischen Eigenschaften untersuchte die HAWK Göttingen elf Strohpelletproben, von denen sieben einen Durchmesser von 15 mm und vier einen Durchmesser von 8 mm hatten. Die Länge der einzelnen Pellets variierte zwischen 8 und 65 mm.

Es waren deutliche Unterschiede in der Pressfestigkeit, der sichtbaren Faser- und Krümelanteile sowie der Beschaffenheit der Oberfläche zu beobachten. Das C:N-Verhältnis der Pelletproben betrug im Mittel 94:1. Dieses Verhältnis ist vergleichsweise hoch und lässt darauf schließen, dass ein Co-Substrat mit höherem N-Gehalt zu empfehlen ist, da für eine optimale Biogasbildung ein C:N-Verhältnis von 10 bis 40:1 empfohlen wird.

Die Pellets hatten TS-Gehalte zwischen 88 % und 96 %, welche im Vergleich zu Stroh leicht erhöht und im Vergleich zu klassischen Substraten wie Mais- oder Grassilage deutlich höher sind. Die Gehalte an organischer Trockensubstanz sind

mit 92 % bis 96 % vergleichbar mit denen von Maissilage. Die Schüttdichte war mit 487 bis 645 kg/m<sup>3</sup> deutlich höher als die von Stroh. Entsprechend sind die Lagerfähigkeit bzw. der Lagerraumbedarf und die Transportwürdigkeit deutlich verbessert.

**Der Biogasertrag von Strohpellets ist gegenüber Silomais doppelt so hoch.** Bei der Vergärung im Fermenter konnten wir in Laborversuchen ein schnelles Auflösen der Pellets in Wasser (<30 min) und ein Ausbleiben von Schwimmschichten im Vergleich zur Nutzung von Lang- oder Häckselstroh feststellen. In Batchversuchen fielen Strohpellets mit einer vergleichsweise hohen Abbaugeschwindigkeit und einer höheren Gasausbeute pro kg/t Frischmasse positiv auf. Im Mittel lag der Methanertrag bei 290,5 LN/kg oTS. Das entspricht etwa 86 % des Methanertrages von Mais, sodass auf die Trockenmasse bezogen etwa 2,2-mal so viel Bio-

gas erzeugt wird. Somit ließe sich Mais durch rund 0,45 t FM Strohpellets ersetzen.

Diese Erkenntnisse konnten Praxisversuche an der Biogasanlage Relliehausen im Wesentlichen bestätigen. Dabei lassen sich Strohpellets sauber und problemlos mit Standardeinbringtechnik (Feststoffdosierer mit Schnecken) verarbeiten.

**Der Eigenstrombedarf kann aufgrund eines höheren Rührwiderstandes steigen.**

In den Praxisversuchen konnte jedoch auch festgestellt werden, dass der anteilige Austausch von Silomais (ca. 35 % TS) durch Strohpellets (92 % TS) im Verhältnis 1 : 0,45 zu einer Erhöhung des TS-Gehaltes im Fermenter von 9 auf 10,7 % in vier Wochen führte. Den daraus resultierenden höheren Rührwiderstand haben wir in seiner Wirkung auf den Stromverbrauch untersucht. In einer 530-kW-Anlage fütterten wir täglich zulasten des Maisanteils 2,4 t Pellets. Damit entfielen etwa 20 % der gefütterten Trockensubstanz auf Pellets. Die Stromaufnahme der Rührwerke stieg in der Praxisanlage um etwa 10 %. Unter der Annahme, dass etwa 40 % des Eigenstrombedarfs der Rührtechnik zuzuordnen sind, ergäbe sich bei der 530-kW-Biogasanlage eine Steigerung des Gesamt-Eigenstrombedarfs um 0,3 %. Diese Daten sind aufgrund der nicht standardisierten Fütterung nur beispielhaft zu sehen, geben aber einen ersten Anhalt. Eine überschlägige Berechnung mit dem Eigenstrombedarf der Anlage würde daraus zusätzliche Kosten von etwa 4 €/t für Pellets ergeben.

**Der Gärrestanfall von Strohpellets ist sehr gering.** Anhand von neun Pelletproben wurde im Labor über Masseverluste ein mittlerer Fugatfaktor von 0,38 ermittelt. Insbesondere für Betriebe mit geringer

## Übersicht 2: Gleichgewichtspreis von Strohpellets auf Basis €/m<sup>3</sup> Methan (FM)

		Kosten der Gärrestausringung		
		0 €/m <sup>3</sup>	5 €/m <sup>3</sup>	10 €/m <sup>3</sup>
Maissilage (35 % TS)*	35 €/t**	86,2	92,8	99,4
	40 €/t**	97,4	104,0	110,6
	45 €/t**	108,6	115,2	121,7
	50 €/t**	119,7	126,3	132,9
	55 €/t**	130,9	137,5	144,1

\*KTBL 2013, \*\*10 % Lagerverluste bei Maissilage; 1 % bei Strohpellets; Quelle: Mohrmann

Lagerkapazität ist der Fugatfaktor von besonderer Bedeutung – vor allem wenn es darum geht, den laut Düngeverordnung geforderten Mindestlagerraum von neun Monaten einzuhalten. Unter Berücksichtigung der ermittelten Methanausbeute pro t FM und dem Fugatfaktor von 0,38 fallen beim Einsatz von Strohpellets im Vergleich zu Silomais nur rund 22,5% der Gärrestmenge an. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Masse an Maissilage, die tatsächlich durch Strohpellets ersetzt werden kann, je nach Anlage und Substratmix wegen des hohen TS-Gehalts der Pellets im Hinblick auf die Rührfähigkeit limitiert ist.

**Die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Strohpellets ist nach der regionalen Gegebenheit anlagenindividuell zu betrachten.** Auf Basis der Parameter von Strohpellets (siehe Übersicht 1) ermittelten wir den Gleichgewichtspreis gegenüber Silomais. Die Preisspanne lag bei 35 bis 55 €/t Maissilage (nach 10% Siliiverlusten) mit einem TS-Gehalt von 35%. Für Strohpellets werden Lagerverluste durch Abrieb und Feinanteile von 1% angenommen. Der Kalkulation liegt die Annahme zugrunde, dass keine Lagerhalle gebaut werden muss und das Lagervolumen für Gärrest jährliche Kosten von 6,1 €/m<sup>3</sup> verursacht. Stellt man dem Silomaispreis die Kosten für den Gärresttransport gegenüber, der mit 0 €/m<sup>3</sup> (z. B. Abgabe ab Gärrestlager), 5 €/m<sup>3</sup> und 10 €/m<sup>3</sup> angenommen wird, und rechnet über die Substratkosten in €/m<sup>3</sup> Methan bezogen auf die Frischmasse um, ergeben sich für Strohpellets Gleichgewichtspreise von 86,2 bis 144,1 €/t. In »normalen Jahren«



bei durchschnittlichen Erträgen erzielt Mais Preise zwischen 35 und 40 €/t im Silo bei etwa 5 €/m<sup>3</sup> an Gärrestausbringkosten. Damit wäre ein Pelletpreis im Bereich um die 110 €/t konkurrenzfähig zu Silomais. Nicht inbegriffen sind in der dargestellten Kalkulation Unterschiede beim Befüllen des Feststoffeintrags, Unterschiede im Verschleiß und der mögliche Eigenstrom-Mehrbedarf bei der Rührtechnik.

**Sind Strohpellets wettbewerbsfähig?** Die Spanne bei den Beschaffungskosten am Markt ist derzeit sehr groß. Grund-

sätzlich handelt es sich aktuell um einen sehr kleinen Markt. Dementsprechend reichen die Preise je nach Abnahmemenge von 150 bis über 300 €/t. Bei diesem Preisniveau ist der Einsatz in der Biogasanlage natürlich nicht wirtschaftlich. Geht man jedoch weg vom Marktpreis und organisiert die Pelletierung selbst, sind die Verfahrenskosten entscheidend. Für den Praxisversuch wurden insgesamt etwa 180 t Pellets geerntet. Die durchschnittlichen Kosten lagen je nach Tagesleistung inklusive Rüstzeiten und kurzen Unterbrechungen zwischen 88 und 210 €/t Pellets

## Ein energieintensives Verfahren

**Die Pelletierung ist ein energieaufwendiges Verfahren, bei dem stationär, teilmobil oder mobil aus dem Schwad aus halmgutartigen Erntegütern wie Stroh, unter hohem Druck Pellets erzeugt werden.** Die Anlagen unterscheiden sich in der Vorzerkleinerung, der Form und Dichte des Endproduktes sowie in der Schlagkraft und dem Energieverbrauch und damit in den Kosten erheblich.

In Versuchen im Jahr 2020 schwankte die Leistung beim Einsatz eines Schleppers mit etwa 350 (teilmobil) bzw. 520 PS (mobil) zwischen 2 und 3 t im teilmobilen Betrieb aus Strohballen und 2 bis 6 t je Stunde beim mobilen Einsatz. Bereits geringfügige Abweichungen von der optimalen Strohfeuchte (idealerweise etwa 12%)

sorgten sowohl im teilstationären als auch mobilen Betrieb für deutliche Änderungen des Durchsatzes pro Stunde. Diese für etablierte Technik ungewöhnliche Schwankungsbreite verdeutlicht, dass das Verfahren noch nicht ausgereift ist. Andererseits ist damit die Hoffnung verbunden, dass nach Umsetzung der identifizierten Optimierungsmöglichkeiten ein Niveau von 6 t je Stunde zum Standard wird. Alle Pelletiertechniken verbindet die mit dem Pelletiervorgang einhergehende Erhitzung auf rund 90°C und mehr, die zu einer teilweisen Zerstörung von Ligninzellen führt. Dadurch erhöht sich die Gasausbeute, während sich gleichzeitig das Auflöseverhalten und die Rührbarkeit im Fermenter verbessert.



Foto: Mohrmann

*Im Versuch hat sich das mobile Verfahren im Vergleich zum teilmobilen Verfahren als deutlich effizienter herausgestellt.*

Pro abgefahrener t Stroh werden für Stickstoff 5 kg, Phosphat 3 kg und für Kali 14 kg entzogen. Bei einem Gärrest mit 4,9 Gesamt-N, 2 kg/m<sup>3</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 5,2 kg/m<sup>3</sup> K<sub>2</sub>O entspricht dies auf Basis N und P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> als limitierende Nährstoffe im Rahmen der DüV 1 bis 1,5 m<sup>3</sup> Gärrest pro t Stroh. Diese Menge müsste frei Fläche zurückgeführt werden. Dagegen kann man den Verzicht auf den Strohhäcksler beim Dreschen sowie das Einsparen einer Bodenbearbeitung oder das Mulchen der Getreidestoppel/-strohs wirtschaftlich positiv bewerten und für manche Folgefrüchte einen großen Vorteil darstellen – insbesondere in Regionen, in denen bisher kein Markt für den Verkauf von Stroh vorhanden war.

**Einsatzchancen.** Pellets sind also bei dem beschriebenen Substitutionsverhältnis zu Silomais nur bei günstigen Voraussetzungen und hohen Silomaispreisen wettbewerbsfähig. Durch hohe Getreidepreise bzw. hohe Preise für Körnermais ist diese Situation in vielen Gebieten 2022 eingetreten. Durch den Wegfall der Höchstbemessungsleistung ergeben sich Möglichkeiten, mehr Biogas zu erzeugen, die an der Verfügbarkeit von Substraten oder dem vorhandenen Lagervolumen für Gärreste scheitern könnten. Für diese Fälle müssen Pellets nicht zwingend besser/günstiger sein als die Substratalternativen, sondern die Biogasgestehungskosten für die zusätzliche Produktion muss durch die jeweilige Erlössituation gerechtfertigt sein. Dabei profitieren Pellets davon, keine besonderen Investitionen zu verursachen.

(Diesel: 1,51 € netto). Die Kosten sind vom Verfahren (mobil oder teilmobil) und dem Durchsatz pro Stunde abhängig, der wiederum nach Beschaffenheit des Strohs variierte. Im besten Fall lag die Stundenleistung bei 5,6 t, wenn man Rüstzeiten außer Acht lässt, die Maschine störungsfrei läuft und während der Fahrt abgebunkert wird. Unter dieser Annahme würden die Kosten weit unter 100 €/t liegen können (Übersicht 3).

Ein Zukaufspreis für Stroh wurde aufgrund der Rückführung der Nährstoffe über den Gärrest frei Feld nicht berücksichtigt. Gleiches gilt für Anlagenbetreiber mit hofeigenem Getreideanbau, da der Nährstoffentzug im geschlossenen Kreislauf unerheblich bleibt. Für Abgeber gilt:

### Übersicht 3: Pelletierleistung im Versuch

	Durchsatz in t/h reine Pelletierzeit	Kosten (€/t)	Durchsatz Gesamtzeit inkl. Rüstzeiten (t/h)	Kosten (€/t)	Dieselverbrauch
<b>mobil*</b>	5,57	66	3,65	88	12 l/t
<b>teilmobil** Relliehausen</b>	2,17	177	1,81	210	25 l/t
<b>teilmobil Herstellerrangaben</b>			3–4	143–107	19 l/t

Annahmen: 555 Std. Jahresauslastung (mobil und teilmobil jeweils 278 Std.); Diesel: 1,51 €/l netto; ohne Lagerkosten; \* Pelletieren aus dem Schwad (mit 520 PS) + Transport zum Hof (4 km); \*\* Pelletieren (380 PS) auf dem Hof inkl. Schlepper und Akh für Beschickung des Ballenförderbandes; Quelle: Mohrmann

Sie können in begrenzten Mengen sehr flexibel mit vorhandener Standard-Anlagentechnik eingesetzt werden.

**Sonderfall Mobilitätssektor.** Wird eine Biogasanlage nach dem EEG vergütet, können CO<sub>2</sub>-Einsparungen nicht erlös-wirksam genutzt werden. Beim Einsatz von Biogas im Mobilitätssektor ändert sich das grundlegend. Die Vergütung des tatsächlich eingesparten CO<sub>2</sub> bestimmt die Wirtschaftlichkeit. Die EU hat gemäß der RED II dem Anbau von Mais einen Standardwert von 63,4 g/kWh Energie zugemessen. Da der Anteil für den Anbau entfällt, ergibt sich eine erhebliche erlös-wirksame CO<sub>2</sub>-Einsparung im Vergleich zum Mais. Die noch bis 2024 gesicherte Doppelanrechnung erhöht den Wert der Strohpellets gegenüber Mais. Das heißt, für dieses Segment ist der (soweit technisch möglich) bereits heute vorzüglich.

**Fazit.** Mit der anhaltenden Kritik an der Flächennutzung für die Erzeugung von Biogassubstraten sowie dem eingeführten Maisdeckel steigt der Druck, alternative Substrate einzusetzen. Getreidestroh bietet ein hohes Potential für die Vergärung. Verfahrenstechnische Probleme aufgrund der physikalischen Eigenschaften verhindern bisher aber die breite Nutzung.

Ob sich der Einsatz von Strohpellets in der Breite über die beschriebenen Anwendungsoptionen als Biogassubstrat etabliert, hängt maßgeblich von der Weiterentwicklung der Pelletierverfahren und den Rahmenbedingungen vor Ort ab. Rückenwind wird der Einsatz von Strohpellets durch die politischen Rahmenbedingungen bekommen. Mit dem Auslaufen des EEGs ist zu erwarten, dass Abnehmer von Energie für den geringeren Footprint bereit sein werden, höhere Preise zu zahlen.

Im Mobilitätssektor (Biomethan, LNG) haben Strohpellets schon heute deutliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Substraten. Im Idealfall werden sie kaskadisch genutzt – zuerst als Einstreu in Ställen und anschließend als Biogassubstrat.

*Dr. Dirk Augustin und Sören Mohrmann,  
Universität Göttingen*

Mit Unterstützung von Kirsten Loewe und Meike Walz, HAWK, Göttingen

Wer mehr zu dem Thema erfahren möchte, ist herzlich eingeladen, sich für diese Onlineveranstaltung am 1.3.2023 anzumelden:

