

Michael Mukengele und Hans Oechsner, Hohenheim

Einfluss der Silierung auf den spezifischen Methanertrag bei Mais

Es wird in der Literatur oft behauptet, die Methanerträge der Silagen würden höher liegen als die frischer Pflanzenmaterialien. Die hier vorgestellte Untersuchung belegt, dass durch die Silierung von Mais nur eine geringe Erhöhung des spezifischen Methanertrags erzielt wird. Bei der Trocknung von Silagen kommt es zu Verlusten an Gärssäuren und Alkoholen. Wird bei der Bestimmung der organischen Substanz keine Korrektur dieser flüchtigen Bestandteile vorgenommen, so wird der spezifische Methanertrag von Silage beachtlich überschätzt.

Michael Mukengele ist Doktorand und Dr. Hans Oechsner ist Leiter der Landesanstalt für landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen der Universität Hohenheim, Garbenstr. 9, D-70599 Stuttgart; e-mail: oechsner@uni-hohenheim.de

Schlüsselwörter

Biogas, Energiepflanzen, erneuerbare Energie, Mais, Silage

Keywords

Biogas, energy crops, renewable energy, maize, silage

In der VDI-Richtlinie 4630 sowie der DIN 138414, Teil 8, ist festgelegt, welche Verfahren für die Bestimmung des Biogasertrages herangezogen werden können und welche Vorgehensweise dabei zu beachten ist. Bei einem Vergleich der in der Literatur angegebenen spezifischen Methanerträge verschiedener Pflanzen fällt auf, dass die veröffentlichten Daten verschiedener Institutionen und Laboratorien deutliche Unterschiede aufweisen und dass dadurch diese Zahlen mitunter nur eingeschränkt für die Planung von Biogasanlagen verwendet werden können [3].

Bei der Bestimmung des Methanertrages von Energiepflanzen wird zum Teil frisches, unsiliertes Ausgangsmaterial verwendet, zum Teil wurde dieses frische Material zusätzlich getrocknet. Alternativ dazu wird aber auch silierte Pflanzenmasse eingesetzt. Schon dieser Umstand kann Ursache für die Variation der angegebenen Werte sein. Bei der Silierung von Energiepflanzen werden Kohlehydrate abgebaut, während kurzkettige Fettsäure wie Milchsäure und Alkohole in der Silage gebildet werden. Der spezifische Methanertrag wird angegeben in Normliter Methan je Kilogramm organische Trockenmasse (oTS). Bei der Bestimmung des oTS-Anteils von Silage ist zu berücksichtigen, dass ein bestimmter Anteil der bei der Silierung entstandenen flüchtigen Verbindungen (Fettsäuren, Alkohole) bei der Trocknung verloren gehen, wodurch die Bezugsgröße „oTS“ bei Silage nicht identisch zur Bezugsgröße „oTS“ von frischem Material ist. In der Tierernährung ist es üblich, die Trockenmasse der Silage um die bei der Trocknung verlorenen Inhaltsstoffe zu korrigieren. Weissbach und Kuhla [5] liefern Hinweise zur Korrektur für Silage und Grünfütter. Eine genaue Bestimmung des exakten oTS-Wertes ist daher nur durch die Analyse des Gehaltes an flüchtigen Substanzen vor und nach der Trocknung möglich. Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchung soll dargestellt werden, wie sich der spezifische Methanertrag beim Einsatz von Silage mit und ohne Korrektur ändert und auf welchem Niveau er im Vergleich zu frisch ver-gorenem Material liegt.

Material und Methoden

Die für die Vergleichsuntersuchung herangezogenen Maispflanzen wurden in Pulling von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Eder, Eder und Krützfeldt) angebaut und am 7. 10. 2005 geerntet. Es handelt sich dabei um zwei Maissorten mit unterschiedlichen FAO-Reifezahlen (Sorte 1: ein mittelfrüher Mais, Reifezahl 280; Sorte 2: ein später Mais, Reifezahl 600). Nach der Ernte wurde der Trockensubstanzgehalt des frischen Materials bestimmt und die Pflanzenmasse wurde in vier Fraktionen unterteilt. Folgende Aufbereitungsverfahren wurden untersucht:

1. „Frisch getrocknet“: Schonende Trocknung bei 60° C, mahlen mit Hammermühle, 1 mm Siebeinsatz
2. „Frisch“: Tiefgefroren, Zerkleinerung mit Labormixer
3. „Siliert frisch“: Silierung in Weckgläsern, Zerkleinerung mit Labormixer
4. „Siliert getrocknet“: Trocknung bei 60° C und mahlen nach Silierung

Die Gärversuche wurden mit dem Verfahren Hohenheimer Biogas-Ertragstest (HBT) durchgeführt [1, 4]. Die Mahlung oder Zerkleinerung war zur Auswahl einer repräsentativen Probe erforderlich. Alle Proben wurden vor und nach der Behandlung nach Weender und van Soest und mit HPLC auf flüchtige Bestandteile untersucht. Die eingesetzte Substrattrockenmasse wurde unter Verwendung der analysierten flüchtigen Bestandteile nach der Exaktmethode für die Trockenmasserkorrektur von Silagen errechnet, wie sie von [5] vorgeschlagen wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Der Trockensubstanzgehalt von Sorte 1 lag zum Zeitpunkt der Ernte bei 31 %, der von Sorte 2 bei 21 %.

In *Bild 1* sind exemplarisch die Inhaltsstoffe der flüchtigen Substanzen der spät reifenden Maissorte (FAO 600) dargestellt, wie sie nach der HPLC-Methode vom Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf analysiert wurden. Da in den Silagen keine Buttersäure nachgewiesen wurde, die als Hauptstoffwechselprodukt der Saccharolyten (Clostri-

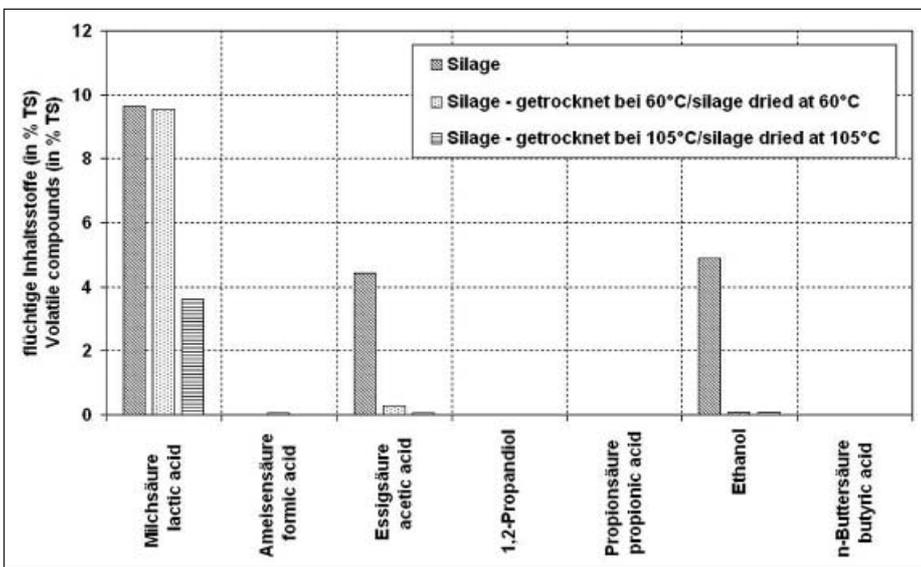


Bild 1: Flüchtige Inhaltsstoffe der Silage von Sorte 2 (FAO 600)

Fig. 1: Volatile solids' profile in the silage of the maize variety 2 (FAO-Index 600)

dien) entsteht, die die Fähigkeit haben, Milchsäure und Protein abzubauen, belegt dies den optimalen Ablauf des Silierprozesses [2]. In Bild 1 ist auch dargestellt, wie sich der Gehalt an flüchtigen Inhaltsstoffen im Substrat ändert, wenn die Silage bei 60 oder 105 °C getrocknet wird. Während Ethanol bereits durch Trocknung bei 60 °C zu mehr als 98,36 % aus der Silage verloren geht und auch Essigsäure zu einem sehr hohen Verlustrisiko neigt (93,24 % bei 60 °C; 98,42 % bei 105 °C), tritt der Verdunstungsverlust bei Milchsäure zurück. Nach [5] hängt die Flüchtigkeit der Gärssäuren vom pH-Wert der Silagen ab. Bei Milchsäure laufen Kondensationsreaktionen ab, bei denen die Milchsäure zu Laktid umgesetzt wird. Dies ist mit üblichen Analyseverfahren nicht mehr zu bestimmen, daher wird für Milchsäure eine Flüchtigkeitsquote von 8 % unterstellt [5].

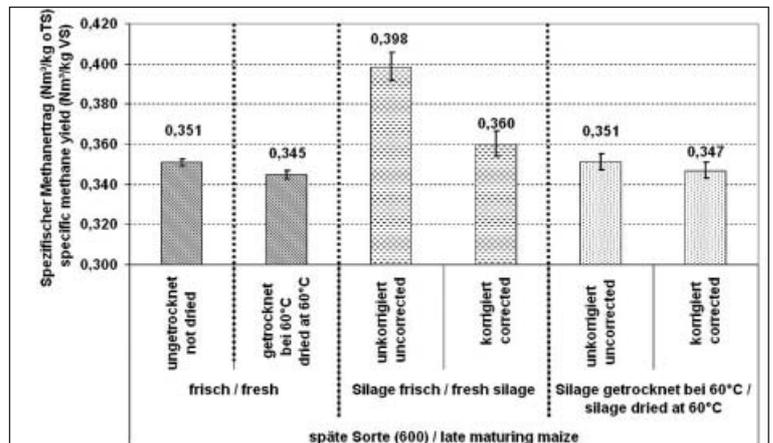
Die Zusammensetzung der Gärssäure variiert, wenn die Trockensubstanzgehalte der eingesetzten Rohsubstrate sich unterscheiden. Bei niedrigen TS-Gehalten der Pflanzenmassen werden mehr Gärssäuren gebildet und der Anteil an Essigsäure und Alkohol nimmt zu. Damit besteht bei diesen Varianten eine höhere Verlustgefahr während der Trocknung, wobei eine Korrektur des Gehaltes an Trockensubstanz oder organischer Trockensubstanz umso wichtiger wird. Der TS-Gehalt der Silage lag bei beiden Maisorten unter dem des frischen Materials und zwar bei der frühen Sorte um 5,4 %; bei der spätreifen Sorte sogar um 10,6 %. Nach Korrektur um die flüchtigen Bestandteile wich der TS-Gehalt der Silage nur noch um 1,3 oder 0,9 % vom TS-Gehalt des frischen Materials ab.

In Bild 2 sind exemplarisch die spezifischen Methanerträge der spät reifenden Maissorte dargestellt. Dabei werden die unterschiedlich aufbereiteten Substrate miteinander verglichen. Zusätzlich ist bei den beiden Silagevarianten „siliert-frisch“ und „si-

liert-getrocknet“ das Ergebnis bei fehlender und bei durchgeführter Korrektur gegenübergestellt. Der spezifische Methanertrag der frisch geernteten Maisproben lag zwischen 0,345 und 0,351 Nm³/kg oTS. Dieser Ertrag lag bei den frisch geernteten und schonend bei 60 °C getrockneten Varianten um 1,5 bis 1,7% niedriger zwischen 0,340 und 0,345 Nm³/kg oTS. Bei der Vergärung der silierten und ungetrockneten Varianten kam es zur Überschätzung des tatsächlichen spezifischen Methanertrages (0,381 und 0,398 Nm³/kg oTS) um 5 und 10 %, sofern keine Korrektur um die flüchtigen Bestandteile vorgenommen wurde. Durch die Korrektur lag der spezifische Methanertrag der Silagen zwischen 0,360 und 0,363 Nm³/kg oTS und damit um 2,6 und 5,5 % höher als der Methanertrag der unsiliert und ungetrocknet vergorenen Varianten. Betrachtet man den spezifischen Methanertrag der Silagen nach einer Trocknung mit 60 °C (Bild 2), so liegen die hierbei ermittelten Erträge zwischen 0,347 und 0,355 Nm³/kg oTS. Die Korrektur um die Verluste an Gärssäuren hat hierbei kaum mehr Auswirkungen auf das

Bild 2: Spezifischer Methanertrag bei unterschiedlicher Aufbereitung von Energiemais (FAO 600) mit und ohne „oTS“ Korrektur um flüchtige Substanzen

Fig. 2: Specific methane yield of differently pre-treated energy maize (FAO - Index 600) with and without volatile solids' correction



Ergebnis. Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass die Silierung von Grünpflanzen eine Art Vorhydrolyse bewirkt, die den Abbau der Substanz im Biogasprozess in gewissen Grenzen verbessern kann. Da der Silierprozess nicht in der Lage ist, einen beachtlichen Aufschluss der schwer oder nicht abbaubare Rohfaserfraktion der Gärsubstrate auszuüben, ist eine deutlichere Steigerung der absoluten spezifischen Methanerausbeute dadurch nicht wahrscheinlich. Während der Silierung nutzen die Mikroorganismen zunächst Einfachzucker für ihren Stoffwechsel und damit zum Aufbau von Gärssäuren. Dies führt zur Absenkung des pH-Wertes und damit zur Stabilisierung der Pflanzenmasse. Erst nach Abbau der einfachen Zucker werden andere Di- und Oligosaccharide (etwa Stärke) angegriffen. In der Literatur fehlen Hinweise, dass während der Silierung auch schwer abbaubare Kohlehydrate in ihrer Zusammensetzung verändert werden, da die Aktivität der Mikroorganismen bei Erreichen eines pH-Wertes von 4 oder knapp darunter stark nachlässt.

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] Helffrich, D., und H. Oechsner: Hohenheimer Biogasertragstest - Vergleich verschiedener Laborverfahren zur Vergärung von Biomasse. Landtechnik 58 (2003), H. 3, S. 148 – 149 und Agrartechnische Forschung 9 (2003), H. 1, S. 27-30
- [2] • Jeroch, H., W. Drochner und O. Simorr: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 1999, S. 271 – 276
- [3] KTBL: Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Positionspapier, 2005
- [4] VDI-Richtlinie 4630 „Vergärung organischer Stoffe“. VDI-Gesellschaft Energietechnik, Düsseldorf, 2006, ICS 13.030; 27.220
- [5] • Weißbach, F, und S. Kuhla: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter - Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übers. Tierernährg. 23 (1995), S. 189-214