

Feldfrüchte als Gärsubstrat in Biogasanlagen

In Biogasanlagen werden vielfach nachwachsende Rohstoffe als Gärsubstrate eingesetzt. Bei der Auslegung der Anlagen ist es wichtig, die Ertragspotenziale der eingesetzten Pflanzen zu kennen. Daher wurden in einem gemeinsamen Projekt der Landwirtschaftsberatung in Luxemburg und der Universität Hohenheim Untersuchungen mit verschiedenen Maissorten, Futterrüben, Rübenblättern, Hirsearten und Sonnenblumen durchgeführt. Dabei wurden auch Abhängigkeiten zwischen Reifegrad, Nährstoff- und Energiegehalt und der Methanausbeute überprüft. Es wurden bis zu 10 000 m³ Methan pro Hektar erzeugt.

Dr. Hans Oechsner ist Projektleiter „Biogas“ an der Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen der Universität Hohenheim (Leiter: Dipl.-Ing. K. Maurer), Garbenstraße 9, 70593 Stuttgart; e-mail: oechsner@uni-hohenheim.de
Dipl.-Ing. agr. Andreas Lemmer war dort wissenschaftlicher Mitarbeiter; e-mail: andreas.lemmer@vlz.de
Dipl.-Ing. agr. Claude Neuberg ist landwirtschaftlicher Berater bei der Ekologesch Landwirtschaftsberatung, B.P. 75, 9001 Ettelbruck, Luxemburg; e-mail: agri@emweltzenter.lu

Schlüsselwörter

Biogas, Vergärung, Energiepflanzen, Nachwachsende Rohstoffe, Biogasertrag

Keywords

Biogas, digestion, energy crops, renewable resources, biogas yield

Da nicht alle landwirtschaftlichen Nutzflächen für die Produktion von Nahrungsmitteln benötigt werden, können auf Stilllegungsflächen auch nachwachsende Rohstoffe erzeugt und als Kosubstrat in Biogasanlagen eingesetzt werden. Dieser Weg wird momentan bereits von einer Vielzahl landwirtschaftlicher Betriebe praktiziert.

Bei der Planung einer Biogasanlage muss neben der Wahl einer geeigneten Verfahrenstechnik auch eine Entscheidung über die zu verwendenden Pflanzenarten und -sorten getroffen werden. Um hier eine optimale Auswahl treffen zu können, führte die Ekologesch Landwirtschaftsberatung der Stiftung Öko-Fonds und der Jongbauern und Jongwenzler in Ettelbruck, Luxemburg, Anbauversuche zur Eignung verschiedener Kulturpflanzen durch [1]. Die Pflanzen wurden in Gärversuchen an der Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen der Universität Hohenheim auf ihren Biogas- und Methanertrag untersucht [2].

Material und Methoden

Der Anbauversuch umfasste acht verschiedene Silomaissorten mit unterschiedlichen Reifezahlen und eine Futterrübensorte. Diese wurden extensiv angebaut (52 kg N/ha) und zwischen 25. September und 7. November geerntet, so dass sich auch verschiedene Abreifegrade ergaben. In den Anbauversuch wurden darüber hinaus auch Rübenblätter, Sonnenblumen und zwei Hirsesorten ohne mineralische Düngung einbezogen. Die Maissorte DOGE wurde konventionell mit üblicher Mineraldüngerversorgung (180 kg N/ha) angebaut.

Die Pflanzen wurden bei der Ernte gehäckselt, in Gläsern einsiliert und danach für die Durchführung der Gärversuche vorbereitet. Alle Silagen wurden umfangreichen Nährstoffanalysen nach Weender und van Soest unterzogen.

Die Vergärung erfolgte in diskontinuierlichen Fermentern nach dem „Hohenheimer Biogasertragstest“ über eine Dauer von 36 Tagen bei mesophiler Temperatur (37 °C). Je Substrat waren drei Wiederholungen mit Rindergülle als Impfsubstrat angesetzt. Alle Substrate ließen sich ohne Störungen vergären.

Ergebnisse

Die je Hektar erzielten Trockenmasseerträge lagen bei den Silomaissorten zwischen 139 und 257 dt/ha und entsprachen damit Erträgen, die auch in der landwirtschaftlichen Praxis erzielt werden. Die intensiv gedüngte Variante der Sorte DOGE lag mit 257 dt/ha deutlich über dem üblicherweise erzielten Durchschnitt der Praxis. Bei Futterrüben wurde ein unterdurchschnittlicher Trockenmasseertrag von 134,4 dt/ha erzielt, bei Sonnenblumen waren es 55,5 dt/ha und bei den Hirsen zwischen 30 und 33 dt/ha.

Bei den Maissorten zeigte sich eine deutliche Abhängigkeit des Trockenmasseertrages je Flächeneinheit vom Erntezeitpunkt und der Reifegruppe. Die sehr früh geerntete Sorte DOGE hatte mit 19,8% Trockensubstanzanteil bei weitem nicht das mögliche Ertragspotenzial erreicht und wies mit 31,45% (TS-bezogen) einen wesentlich höheren Rohfaseranteil auf als die ausgereifte Variante mit einem Trockensubstanzgehalt von 35,44% und einem Rohfaseranteil von 18,28% (Tab. 1). Hinzu kam, dass die nicht ausgereifte Variante keine optimalen Siliereigenschaften zeigte.

In Bild 1 ist die Biogasbildung im Versuchszeitraum ausgewählter Substrate in Abhängigkeit von der Gärdauer in Summenkurven als Mittelwerte der drei Wiederholungen dargestellt. Dabei zeigen sich die unterschiedlichen Gasbildungsraten und der maximal erzielbare Biogasertrag der Substrate.

Bei den Maissorten, die weitgehend reif mit einem Trockensubstanzgehalt zwischen 30 und 42% geerntet werden konnten, lag der durchschnittliche substratspezifische Norm-Methanertrag bei 0,40 m³ Methan/kg oTS mit einer Standardabweichung von 0,01. Die Sorten, die vor der Teigreife geerntet wurden (DK 604 und eine Variante von DOGE) und die dabei einen Trockensubstanzgehalt von 22,2 und 19,8% hatten, brachten im Versuch einen um 6,5 und 16% niedrigeren substratspezifischen Methanertrag in Höhe von 0,37 und 0,33 m³ Methan/kg oTS. Die Rüben hatten mit 0,40 m³ Methan/kg oTS ebenfalls einen sehr hohen Methanertrag. Die übrigen Pflanzen, darunter auch das Nebenprodukt Rübenblätter la-

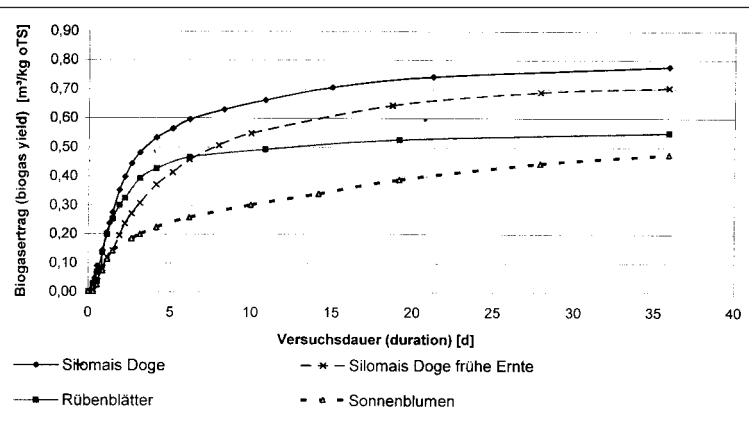


Bild 1: Biogasbildung ausgewählter Substrate in Abhängigkeit von der Gärdauer (Summenkurven)

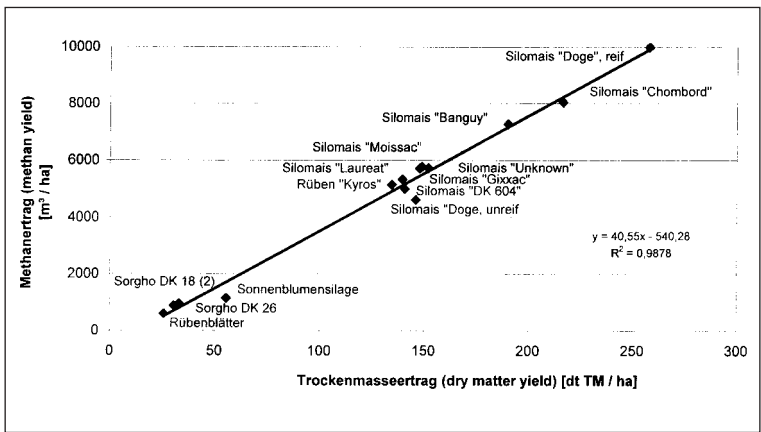


Bild 2: Gegenüberstellung von Trockenmasseertrag und Methanertrag pro Hektar

Fig. 1: Biogas yield of different substrates versus digestion time

Fig. 2: Dry-matter yield versus methane-yield per hectare

gen mit etwa 0,3 m³ Methan/kg oTS deutlich darunter (Tab. 1). Bei silierten Sonnenblumen mit hohem Rohfaseranteil wurde mit 0,23 m³ Methan/kg oTS der schlechteste Ertrag erzielt. Dies dürfte allerdings an der sehr langsamen Abbaugeschwindigkeit und dem nach 36 Tagen nicht vollständig abgeschlossenen anaeroben Abbau liegen.

Der substratspezifische Methanertrag zeigt bei allen untersuchten Pflanzen eine deutliche Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt der Versuchssubstrate. Insbesondere der Rohfasergehalt hat einen entscheidenden Einfluss auf die Abbaubarkeit der organischen Trockensubstanz und wirkt sich damit auf den Methanertrag negativ aus. Ein weiterer wesentlicher Einfluss auf die Umsetzbarkeit der organisch gebundenen Energie zu Biogas geht vom C:N Verhältnis der Substrate aus. Liegt dieses, wie beispielsweise bei den Rübentblättern nur bei etwa (15 : 1), kann die organische Masse auch bei geringen Rohfasergehalten nicht vollständig umgesetzt werden. Bei Substraten mit einem C:N Verhältnis von (37 bis 45 : 1), wie beispielsweise Rübentblätter und Silomais, erfolgt die Umsetzung der organisch gebundenen Energie zu einem wesentlich höheren Anteil.

Der Methangehalt bei der Vergärung von ausgereiften Maissorten lag durchschnittlich bei 52,5%. Bei Hirsen und unreifem Mais wurden Methankonzentrationen von weni-

ger als 50% gemessen. Am besten schnitten Rübentblätter mit einem Methangehalt von 57,5% ab. Die niedrigen Methankonzentrationen im Biogas sind bei der Vergärung von kohlehydratreichen Pflanzen typisch. Nach stöchiometrischen Berechnungen wird bei der Vergärung von Kohlehydraten nur ein Methangehalt von 50% im Biogas erreicht [3].

Für den praktischen Landwirt, der eine Biogasanlage plant, ist letztlich die Frage entscheidend, mit welcher Pflanze oder mit welcher Sorte der höchste Methanertrag pro Hektar erzielt werden kann, denn dies wirkt sich auf die Wirtschaftlichkeit seiner Biogasanlage entscheidend aus. In Bild 2 sind der Trockenmasseertrag pro Hektar und der Methanertrag in m³ Methan pro Hektar gegenübergestellt. Hierbei zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit dieser beiden Parameter. Ertragreiche Silomaisorten mit später Abreife und damit langer Ausnutzung der Vegetationszeit zeigten mit etwa 10000 m³ Methanproduktion pro Hektar die besten Ergebnisse. Extensiv gedüngte Sorten von Mais und Rübentblätter erbrachten nur die Hälfte dieser Methanproduktion. Hirse und Sonnenblume scheiden aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten für einen Anbau zur Vergärung aus. Mit dem Nebenprodukt Rübentblätter sind zwar nur niedrige Hektarerträge zu erzielen, bei kostengünstiger Ernte kommen sie aber dennoch für eine Vergärung in Frage.

Zusammenfassung

Die Untersuchung hat bestätigt, dass beim gezielten Anbau von Feldfrüchten wie Maissilage oder Rübentblätter und deren Vergärung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen eine beachtliche Methanausbeute erzielt werden kann. Um einen möglichst hohen Umsatz der in der Pflanzenmasse organisch gebundenen Energie zu Biogas zu erreichen, sind die Kulturpflanzen nach ihrem Rohfasergehalt sowie dem C:N Verhältnis auszuwählen und zu kombinieren. Aufgrund der starken Abhängigkeit des Methanertrages je Flächeneinheit vom Ertragspotenzial an Trockenmasse der Pflanzen ist es durchaus denkbar, dass Mais, der in Biogasanlagen als Gärsubstrat verwendet wird, andere Zuchtziele benötigt, als ein Silomais, der zur Rindviehfütterung angebaut wird. Zur Beantwortung dieser Frage ist die Pflanzenzüchtung und die Biogasverfahrenstechnik in den nächsten Jahren gefordert.

Literatur

- [1] Neuberger, C.: Untersuchungen bezüglich der Eignung verschiedener Kulturpflanzen zur energetischen Verwertung in Biogasanlagen. Dreijähriges Projekt (2000-2002), unveröffentlicht
- [2] Lemmer, A. und H. Oechsner: Bestimmung des Gasertrages verschiedener Feldfrüchte. Projektbericht an Administration des Services Techniques de l'Agriculture, Großherzogtum Luxemburg, 2001
- [3] Buswell A. M.: Anaerobic fermentation. Bull. No. 32, Div. State Water Survey, Univ. Illinois, 1936

Pflanzenart / -sorte	Reifeindex Mais	TM-Ertrag [dt/ha]	TS [%]	oTS [% d. TS]	Nährstoffe			ME [MJ/kg oTS]	Methan ertrag [m³/kg oTS]
					XP [% d. TS]	XF [% d. TS]	NfE [% d. TS]		
Mais Banguy	240	190,1	37,78	97,1	6,73	14,15	73,08	12,4	0,39
Mais GIXXAC	270	139,6	33,83	96,6	7,44	17,63	68,40	11,8	0,40
Mais Chomboro	290	216,3	36,47	96,4	6,76	17,16	69,36	11,9	0,39
Mais Laureat	300	147,8	41,64	96,8	6,52	16,79	70,36	12,0	0,40
Mais Moissac	420	148,8	29,56	96,7	6,24	18,80	68,57	11,7	0,40
Mais DK 604	580	140,7	23,12	95,9	6,25	20,83	65,73	11,4	0,37
Mais Doge	700	257,8	35,44	96,2	6,18	18,28	68,63	11,8	0,40
Doge frühe Ernte	700	145,9	19,79	95,2	7,26	31,45	56,53	9,8	0,33
Mais unbekannt		152,0	39,42	96,7	6,80	13,68	73,16	12,4	0,39
Sonnenblume		55,5	34,83	88,1	7,11	58,89	15,29	8,5	0,23
Hirse DK 18 (2)		33,1	25,76	93,1	8,72	29,10	54,31	8,1	0,31
Hirse DK 26		30,6	24,11	92,7	10,77	26,34	54,40	8,6	0,31
Futterrüben Kyros		134,4	23,00	95,3	6,20	5,40	83,40	12,7	0,40
Rübentblatt		25,8	11,18	79,9	15,84	13,42	47,26	9,5	0,29

Tab. 1: Ertragsdaten und Nährstoffgehalte beim Anbau und der anaeroben Vergärung verschiedener Energiepflanzen

Table 1: Yield data and nutrient contents of different cultivated crops and their methane yield