

Biogaserzeugung aus Energiemais

Das Institut für Landtechnik im Department für Nachhaltige Agrarsysteme der Universität für Bodenkultur Wien führt Biogasforschung durch mit dem Ziel, Maßnahmen zu finden, mit denen die Effizienz der Biogaserzeugung verbessert werden kann. Das hier vorgestellte Projekt widmete sich der Frage, wie Biogas aus Energiemais effizient und ökologisch nachhaltig erzeugt werden kann.

Dr. Vitaliy Kryvoruchko, Dr. Barbara Amon und DI Vitomir Bodiroza sind wissenschaftliche Mitarbeiter, ao.Univ.Prof. Dr. Thomas Amon leitet die Arbeitsgruppe „Tierhaltungs- und Umwelttechnik“, o.Univ.Prof. Dr. Josef Boxberger ist Institutsleiter am Institut für Landtechnik und ao.Univ.Prof. Dr. Werner Zollitsch leitet das Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur, Peter-Jordan Straße 82, A-1190 Wien; e-mail: thomas.amon@boku.ac.at

Schlüsselwörter

Biogas, Mais, Methanenergiewertmodell, Nachhaltigkeit, erneuerbare Energie

Keywords

Biogas production, maize, methane energy value model, sustainability, renewable energy

Danksagung

Die Untersuchungen werden im Rahmen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ – einer Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) – durchgeführt. Finanzierungspartner sind: Raiffeisen Ware Austria AG, Pioneer Saaten GmbH, Monsanto Agrar Deutschland, Limagrain Nickerson GmbH, IPUS GmbH, GE Jenbacher AG, SEEG Reg. Gen.m.b.H, Nawaros GmbH, Schmack Biogas AG.

Die Biogaserzeugung aus Rohstoffen der Landwirtschaft gewinnt stark an Bedeutung. Sie trägt ganz besonders zu einer nachhaltigen Stoff- und Energienutzung bei.

Kulturarten, die zunehmend zur Biogaserzeugung genutzt werden, wurden bislang vorwiegend für die menschliche Ernährung und für die Tierernährung gezüchtet. Die Biogaserzeugung stellt geänderte Anforderungen an die Qualität und Zusammensetzung der Pflanzen. Um eine optimale Methanproduktion zu erreichen, müssen Genotypen von Kulturpflanzenarten gefunden werden, die eine hohe Methanernte pro Hektar ermöglichen und gut silierfähig sind. Gleichzeitig müssen aber einseitige Fruchtfolgen vermieden werden. Ein möglichst breites Spektrum an Pflanzenarten muss für die Biogaserzeugung genutzt werden [1]. Energiemais soll optimal in ökologisch optimierten standortangepassten Fruchtfolgesystemen integriert werden.

Energiemais für die Biogaserzeugung

Für die Biogaserzeugung aus Energiepflanzen hat Mais als Rohstoff derzeit die größte Bedeutung. Zum einen besitzt er als C4-Pflanze von allen bei uns heimischen Kulturpflanzenarten das höchste Ertragspotenzial. Zum anderen sind Anbau-, Ernte-, Konservierungs-, Entnahme- und Beschickungssysteme für Mais differenziert entwickelt und verfahrenstechnisch weitgehend optimiert. Derzeit wird die Frage intensiv diskutiert, wie der optimale Energiemais für die Biogaserzeugung aussehen soll. Bei Nutzanwendung von Mais als Energiemais lassen sich drei Nutzungsformen unterscheiden:

- Energiemais wird als einzige Hauptkultur im Vegetationsjahr angebaut und genutzt.
- Energiemais wird als Hauptkultur nach einer Vorfrucht wie etwa Winterroggen angebaut.
- Energiemais wird in Kombination mit anderen Kulturpflanzenarten wie etwa Sonnenblumen angebaut. Ziel des kombinierten Anbaus ist es, die Silierfähigkeit durch die gemeinsame Ernte beider Kulturpflanzenarten zu verbessern und gleichzeitig das Nährstoffmuster komplementär zu ergänzen und damit insgesamt höhere spezifische Methanerträge und Methanhektarerträge zu erreichen.

Für Energiemais gelten neue Zuchtziele. Energiemais soll möglichst viel Biomasse über die Gesamtpflanze bilden und dabei ein hohes spezifisches Methanbildungsvermögen erreichen. Darüber hinaus sollen die Maispflanzen bis zur Ernte einen Trockensubstanzgehalt von mindestens 28 % erreichen, um einen sicheren Silierprozess ohne Sickersaftbildung zu ermöglichen. Intensiv diskutiert wird, durch welche Züchtungswege die genannten Zuchtziele am effektivsten erreicht werden können. Eine Strategie strebt auf der Basis bewährter Silomaislinien die Entwicklung leistungsstärkerer Hybriden an [2]. Es liegt die Hypothese zu Grunde, dass spätreife Energiemaisarten später in die generative Phase eintreten als konventionelle Futtermaisarten. Dadurch bleibt den Pflanzen mehr Zeit, ihre Assimilationsleistung in die Bildung vegetativer Blattbiomasse zu investieren und weniger in die Stärkebildung im Kolben.

Die konventionelle Züchtungsstrategie hingegen geht davon aus, dass aus klimatischen Gründen das Reifespektrum für die Silomaisnutzung bereits weitgehend ausgeschöpft ist [3]. Die Nutzung geringfügig späterer Sorten erscheint möglich. Man zielt darauf ab, dass neben hohen Biomasseerträgen auch das Spektrum der Inhaltsstoffe für die Methangärung angepasst wird. Das heißt, dass durch züchterische Methoden vor allem die derzeit im Minimum vorhandenen Inhaltsstoffe wie Proteine und Fette angeho-

Tab. 1: Parameter der Regressionsgleichung zur Berechnung des Methanenergiewertes von Maissilage anhand der Rohnährstoffe

Table 1: Parameter of regression function for estimating the methane energy value of forage maize silage with the crude nutrients

Inhaltsstoff	Regressionskoeffizient	Signifikanz
Rohprotein	15,27	0,000
Rohfett (XL)	28,38	0,001
Rohfaser (XF)	4,54	0,000
N-freie Extraktstoffe (XX)	1,12	0,008

Qualitätsparameter der Gleichung:
 $R^2=0,968$; F-Wert=1583,027;
 Durbin-Watson-Wert=1,176;
 Signifikanzniveau=0,000; n=95

ben werden und damit die Gasausbeute verbessert wird. Zum Anbau sollten Sorten kommen, die nur geringfügig später abreifen als die ortsüblich für die Futtergewinnung angebauten Sorten. Sehr spätreife Sorten würden das Anbaurisiko erhöhen, ohne signifikante Vorteile für den Methanertrag zu bringen.

Methanertrag bei der Vergärung von Energiemais

Die spezifische Methanproduktion der als Silage konservierten Energiemaisproben wurde im Labor mit Hilfe von Eudiometer-Messzellen unter kontrollierten Gärbedingungen gemessen. Die Untersuchung erfolgte nach DIN-Norm 38414 [4] jeweils in dreifacher Wiederholung. Die Methankonzentration im Biogas wurde alle zwei bis drei Tage mit einem NDIR Gasanalysator gemessen.

Aus unseren Versuchen zeigt sich die ertragliche Überlegenheit mittelspäter Maisorten im Vergleich zu den sehr spät reifen Maissorten.

Es stellt sich auch die Frage nach dem optimalen Erntetermin von Energiemais. Die Sorten sollten ihren maximalen Methanhektarertrag erreicht haben, wenn sie optimal silierfähig sind, also einen TS-Gehalt von rund 30 % in der Ganzpflanze haben.

Methanenergiewertsystem für Mais

Mit dem Methanenergiewertmodell kann das spezifische Methanbildungsvermögen einzelner Rohnnährstoffe von Maissilage bei der Biogaserzeugung bestimmt werden. Es wird eine energetische Bewertung in Bezug auf das Methanbildungsvermögen von Energiemaissilage durchgeführt [5]. Die dargestellte Schätzgleichung ist die bis dato aktuellste Form, welche auf der Basis von 95 Datensätzen (Tab. 1) zum Energiegehalt, den Rohnnährstoffen von Maissilagen und dessen spezifischer Methanausbeute berechnet wurde. Der Schätzgleichung zur Kalkulation des Methanenergiewertes von Energiemais liegt ein multiples und lineares Regressionsmodell folgender allgemeiner Form zugrunde:

$$\text{MEW [NI CH}_4\text{/kg oTS]} = x_1 \cdot \text{Rohprotein (XP) (Gehalt in \% in der TS)} + x_2 \cdot \text{Rohfett (XL)} + x_3 \cdot \text{Rohfaser (XF)} + x_4 \cdot \text{N-freie Extraktstoffe (XX)}$$

Das spezielle Modell mit seinen Regressionskoeffizienten wird nun dazu verwendet, um das spezifische Methanbildungsvermögen von Silomais-Silage anhand von Rohnnährstoffen, die in den DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer tabelliert sind [6], zu berechnen. Bild 1 zeigt den berechneten

Bild 1: Biomasseertrag und Methanhektarertrag, spezifisches Methanbildungsvermögen und Trockenmassegehalt der Pflanzen zum Zeitpunkt der Ernte am 5.10.2004 (Sortenvergleichsversuch Haiderhofen 2004)

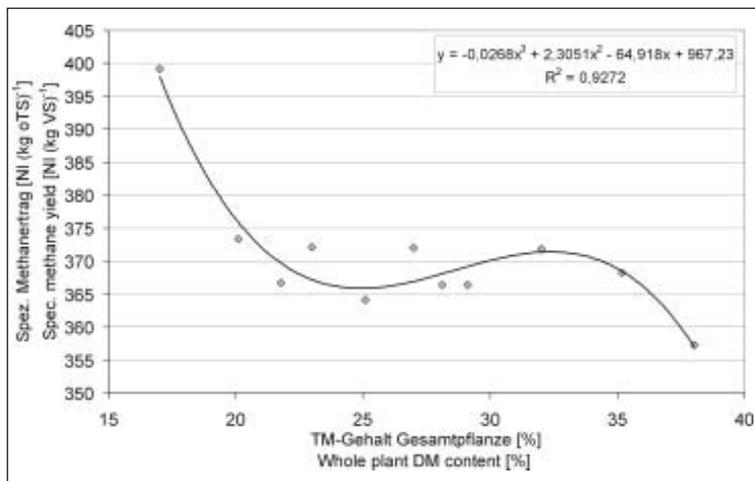


Fig. 1: Biomass yield and methane ha-yield, specific methane formation ability and dry matter content of the plants at harvest at 5. 10. 2004 (variety comparison experiment Haiderhofen 2004)

spezifischen Methanertrag verschiedener Maissilagen, abhängig vom Trockensubstanzgehalt und den enthaltenen Rohnnährstoffen.

Wie das Berechnungsergebnis zeigt, ist das spezifische Methanbildungsvermögen von „unreifer“ Maissilage (Trockensubstanzgehalt unter 20 %) höher als das von silierreifer Maissilage (Trockensubstanzgehalt 30 bis 33 %). Offensichtlich nimmt mit zunehmender Reife der Pflanzen das spezifische Methanbildungsvermögen ab. Mit zunehmendem Trockensubstanzgehalt (TS > 22 %) bewegt sich das Methanbildungsvermögen auf einem Niveau von etwa 370 NI/kg oTS. Mit zunehmender Abreife von Ganzpflanzen über einem Trockensubstanzgehalt von 35 % nimmt die spezifische Methanausbeute deutlich ab. Mit einem Trockensubstanzgehalt von 30 % ist Mais optimal silierfähig. Die spezifische Methanausbeute hat zwischen 30 und 35 % TM ihr Optimum. Offensichtlich hat Maissilage im Vegetationsstadium „Beginn der Kolbenbildung“ ein für die Methanbildung günstigeres Verhältnis der Inhaltsstoffe Rohprotein, Rohfett, Rohfaserkomponenten (Cellulose, Hemicellulose, Lignin) sowie Stärke und Zucker als Maissilage von Pflanzen im Vegetationsstadium „Ende Teigreife“ bei einem Kolbenanteil der Pflanzen von > 55 % und einem Trockensubstanzgehalt von > 38 %. Günstig für die Methanbildung ist das Nährstoffmuster von silierfähigen Maispflanzen im Bereich von 31 bis 34 % TM. Eine Ernte unter 25 % Gehalt TM der Gesamtpflanze ist nicht erstrebenswert, weil die Maissilage Sickersaft bildet und zur Geruchsbildung neigt und in den meisten Fällen die Biomassebildung noch zunimmt.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Wie unsere Erfahrungen zum Energiemaisanbau zeigen, waren Zuchtstrategien für spezialisierten Energiemais, die auf die Verwendung eher spätreifer Futtermaissorten basie-

ren, relativ erfolgreich. Konventionelle Sorten mit leicht erhöhtem Reifegrad zeigten bislang die höchsten Methanhektarerträge bei gleichzeitig guter Silierfähigkeit der Biomasse und hoher Ertragssicherheit. Weitere Versuche müssen die Rolle der Inhaltsstoffe von Ganzpflanzensilage und vor allem die Rolle der Rohfaserkomponenten und der Stärke auf das spezifische Methanbildungsvermögen klären. Energiemais kann am besten zur Biogaserzeugung genutzt werden, wenn er in nachhaltigen standortangepassten vielfältigen Fruchtfolgesystemen optimal integriert wird. Die Ertragsfähigkeit (Methanhektarertrag) neuer „Energiemais-Hybriden“ muss auf verschiedenen Standorten über mehrere Vegetationsperioden hinweg untersucht werden.

Literatur

- [1] Amon, Th.: Biogaserzeugung aus Rohstoffen der Landwirtschaft, Praxisrelevante Neuigkeiten. Energy – Zeitschrift der österreichischen Energieagentur (2005), S. 29
- [2] Schmidt, W.: Maiszüchtung für die Energieerzeugung. KWS SAAT AG, Grimsehlstraße 31, 37574 Einbeck, Vortrag anlässlich der Wissenschaftlichen Tagung des Dachverbandes Agrarforschung (DAF) e.V., Braunschweig am 26. und 27.10.2005
- [3] Degenhardt, H.: Optimierung des Biogasertrages durch angepasste Maissorten und richtiges Anbaumanagement. Feldberater 1/2005, PIONEER Hi-Bred Northern Europe Sales Division GmbH Apenser Strasse 198 21614 Buxtehude; www.pioneer.com (2005)
- [4] DIN 38 414: Bestimmung des Faulverhaltens „Schlamm und Sedimente“ (1985)
- [5] Amon, Th., V. Kryvoruchko, B. Amon, W. Zollitsch, K. Mayer, S. Buga und A. Amid: Biogaserzeugung aus Mais – Einfluss der Inhaltsstoffe auf das spezifische Methanbildungsvermögen von früh- bis spätreifen Maissorten. Bericht über die 54. Tagung 2003 der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs vom 25. bis 27. November 2003. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft (2004), S. 59 – 68
- [6] DLG – Futterwerttabellen Wiederkäuer. Herausgeber: Universität Hohenheim, 7. Auflage, 1997