

Methanerzeugung aus Getreide, Wiesengras und Sonnenblumen: Einfluss des Erntezeitpunktes und der Vorbehandlung

Methane production from cereals, grass and sunflowers: effect of harvesting time and pre-treatment on the methane yield

AMON, THOMAS; KRYVORUCHKO, VITALIY; BODIROZA, VITOMIR
AMON BARBARA

¹ DEPARTMENT OF SUSTAINABLE AGRICULTURAL SYSTEMS, DIVISION OF AGRICULTURAL ENGINEERING, UNIVERSITY OF NATURAL RESOURCES AND APPLIED LIFE SCIENCES, PETER-JORDAN STRASSE 82, A-1190 WIEN; E-MAIL: THOMAS.AMON@BOKU.AC.AT

BIOGASERZEUGUNG, ENERGIEPFLANZEN, GETREIDE, WIESENGRAS, SONNENBLUMEN, BIOGAS PRODUCTION, ANAEROBIC DIGESTION, ENERGY CROPS, CEREALS, GRASSLAND, SUNFLOWERS

Zusammenfassung

Die Biogaserzeugung ist eine Schlüsseltechnologie zur nachhaltigen Nutzung agrarischer Biomasse. Der Biogasertrag pro Hektar ist ein entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit. Sortenwahl, Entwicklungsstadium der Pflanzen, Konservierung und Vorbehandlung beeinflussen den Methanertrag. Bei Getreide wurden folgende Erträge gemessen: 4.415 und 4.002 Nm³ CH₄·ha⁻¹ (Weizen), 3.380 Nm³ CH₄·ha⁻¹ (Roggen) und 3.109 und 3.210 Nm³ CH₄·ha⁻¹ (Triticale). Mit fortschreitender Vegetationsentwicklung nahmen die spezifischen Methanausbeuten ab, während der Trockenmasseertrag zunahm. Für hohe Methanerträge ist bei frühreifen Getreidearten die Ernte ab dem Vegetationsstadium „Ährenschieben“ empfehlenswert. Bei spätreifen Getreidearten liegt der optimale Erntetermin später, im Stadium „Teigreife“. Um die Silierfähigkeit zu erhalten, sollte die Biomasse nicht mehr als 45 % TM enthalten. Der Voraufschluss der Silagen von Sonnenblumen und Wiesengras mit Dampf, Mikrowellen oder Säuren erhöht die Methanausbeute.

Summary

Biogas production is of major importance for a sustainable use of agrarian biomass as renewable energy source. Economic biogas production depends on high biogas yields. Key factors for a maximum biogas yield are species and variety of energy crops, time of harvesting, mode of conservation and pre-treatment of biomass prior to the digestion process. The following methane yields were measured: 4.415 Nm³ CH₄·ha⁻¹, and 4.002 m³ CH₄·ha⁻¹ (wheat), 3.380 Nm³ CH₄·ha⁻¹ (rye), and 3.109 Nm³ CH₄·ha⁻¹, and 3.210 Nm³ CH₄·ha⁻¹ (triticale). Specific methane yield declined in course of the vegetation period, whereas total biomass yield increased. With early ripening cereals, high methane yields per hectare can be achieved through harvesting at the vegetation stage ear emergence. Late ripening cereals should be harvested later, at the vegetation stage wax ripeness. However, dry matter content of biomass should not exceed 45 % to allow silaging. Pre-treatment of sun flower and grass silages by steam, micro wave or acidification increased methane yields.

1 INTRODUCTION

Der Biogasertrag wird vom Nährstoffgehalt der Gärrohstoffe beeinflusst. Auf dessen Qualität wirken in verschiedenen Phasen entlang der Erzeugungs- und Nutzungskette zahlreiche Einflüsse (Abbildung 1).

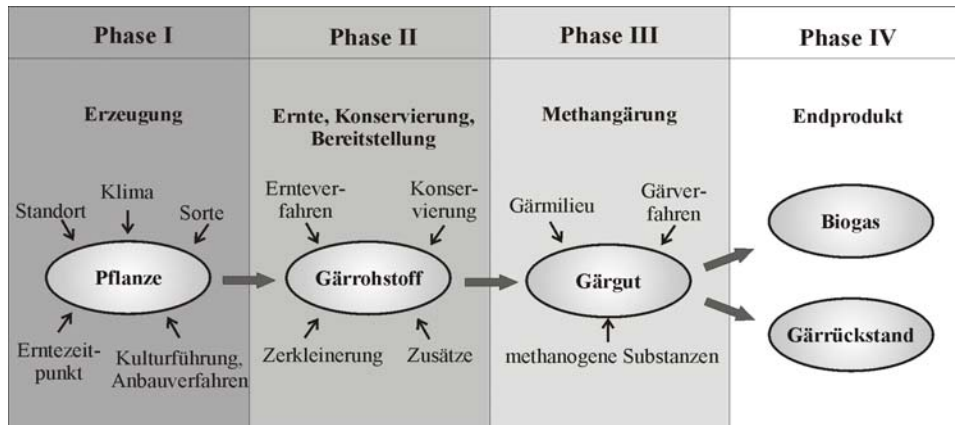


Abbildung 1. Einflüsse auf die Qualität der Pflanzenbiomasse, des Gärrohstoffes und des Gärgutes bei der Nutzung von Energiepflanzen in der Biogaserzeugungskette
 Figure 1. Influences on the quality of biomass, raw materials for anaerobic digestion and digestate when using energy crops along the biogas production chain.

Die Qualität von Energiepflanzen zur Biogasnutzung wird bereits auf dem Feld (Phase I) geprägt. Neben Standortfaktoren bestimmen vor allem pflanzenbauliche Maßnahmen und Einflüsse, wie Sortenwahl, Kulturführung und die Reifeentwicklung der Pflanzen zum Zeitpunkt der Ernte, den Gehalt und die Verfügbarkeit von Substanzen in den Pflanzen, aus denen Methan gebildet werden kann.

2 Ziele

Bei der Biogaserzeugung aus Weizen, Triticale und Roggen werden Methanhektarerträge und das optimale Reifestadium für die Ernte der Bestände bei verschiedenen Sortentypen ermittelt. Dazu werden im Verlaufe der Vegetation das spezifische Methanbildungsvermögen der Gärrohstoffe und der Biomasseertrag der Bestände von jeweils zwei verschiedenen Sorten zu je fünf verschiedenen Entwicklungsstadien der Bestände untersucht.

Die Methanausbeute aus Gärrohstoffen kann durch Cellulose-Lignin-Komplexe vermindert sein. Die Wirkung verschiedener Verfahren der Vorbehandlung auf die spezifische Methanausbeute wird deshalb untersucht. Sonnenblumen, Wiesengras, Weizen und Triticale wurden mit Dampf, Mikrowellen und Säure zum Voraufschluss der Rohfaserfraktion behandelt.

3 MATERIAL UND METHODE

Die Versuche umfassen Ertragsmessungen in Sortenversuchen, sowie Stoff- und Energiewechselmessungen der anaeroben Vergärung verschiedener Energiepflanzen. Als Einflüsse wurden der Nährstoffgehalt der Gärrohstoffe und die Art der Vorbehandlung untersucht. Die Untersuchungen wurden mit Weizen, Triticale, Roggen, Wiesen gras und Sonnenblumen durchgeführt. Die Ernte der Bestände erfolgte im Verlaufe der Vegetation zu jeweils fünf verschiedenen aufeinanderfolgenden Erntezeitpunkten be ginnend mit früher Vegetationsentwicklung bis zur Vollreife der Pflanzen (Abbildung 2).

In jedem Reifestadium der Bestände wurden Biomasseerträge ermittelt. Die gewon nenen Proben wurden zerkleinert, aufbereitet und einsiliert. Das spezifische Methanbil dungsvermögen der Gärrohstoffe wurde nach DIN-38414 bestimmt. Aus den Ergebnis sen der Ertragsmessungen der Pflanzenbestände und der spezifischen Methanbildung der Gärrohstoffe wurde der Methanhektarertrag im Verlaufe der Vegetationsentwick lung berechnet. Der optimale Erntezeitpunkt ist dann erreicht, wenn der Methanhektar ertrag maximal und die Biomasse silierfähig ist.

Der Einfluss der Vorbehandlung auf die spezifische Gasausbeute wurde bei der Vergärung von Sonnenblumen und Wiesen gras untersucht. Folgende Vorbehand lungsmassnahmen wurden jeweils geprüft:

- Dampfbehandlung: Druck 0,4 – 0,8 bar, Temperatur 109 – 116°C, Einwirkdauer 1 Stunde.
- Mikrowellenbehandlung: Zu 90 g Probenmaterial wurden 200 g Wasser zugegeben und 15 Minuten lang bei einer Leistung von 560 Watt behandelt.
- Säurebehandlung: Mit Zitronensäure ($C_6H_8O_7$) $M = 192,13 \text{ g/mol}$; Dosierung: 60 g von 20 %iger Zitronensäure zu 30 g Probenfrischmasse. Einwirkdauer 24 Stunden.



Abbildung 2. Winterweizenbestand (Sorte: Capo) zum jeweiligen Erntezeitpunkt. Standort: Loimersdorf, Niederösterreich

Figure 2. Winter wheat (variety Capo) grown at Loimersdorf / Upper Austria at different stages of vegetation.

4 ERGEBNISSE

Methanhektarerträge und optimales Reifestadium. Abbildung 3 zeigt beispielhaft die Entwicklung der Methanhektarerträge [$\text{NI CH}_4\cdot\text{ha}^{-1}$] von Roggen (Beskud), Triticale (Tremplin, Talentro) und von Weizen (Capo, Levendis) sowie die spezifischen Methanerträge [$\text{NI CH}_4\cdot(\text{kg oTS})^{-1}$] der Gärrohstoffe im Vegetationsverlauf.

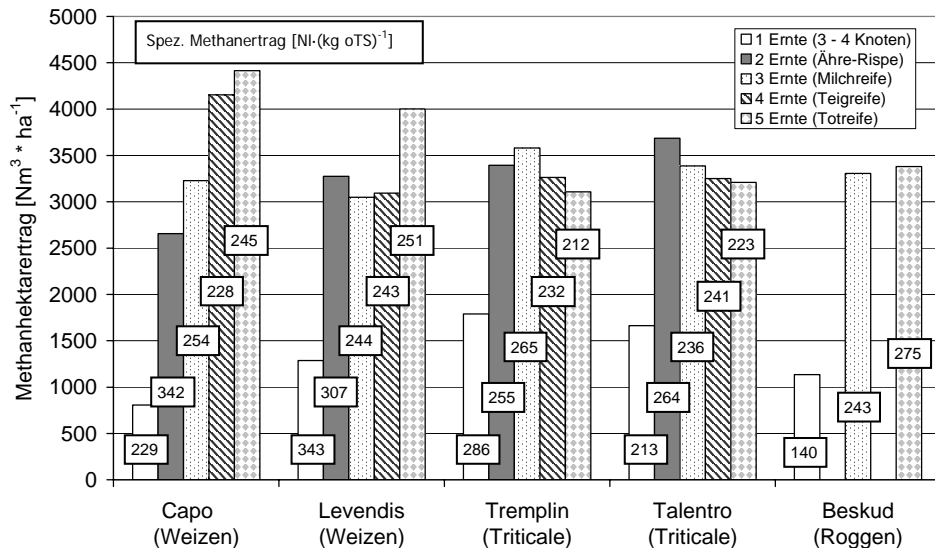


Abbildung 3: Spezifischer Methan- und Methanhektarertrag von Roggen, Triticale und Weizen im Vegetationsverlauf. Standort: Loimersdorf, Niederösterreich
 Figure 3. Specific methane yield and methane yield per hectare from rye, triticale and wheat in course of the vegetation period.

Wie aus Abbildung 2 zu erkennen ist, waren die spezifischen Methanerträge der Gärrohstoffe in den Vegetationsstadien „Ährenschieben“ (ECA 57 – 59) bis „Milchreife“ (ECA 74 – 75) am höchsten. Der TM-Gehalt der Gärrohstoffe lag zwischen 22 und 34 %. Im weiteren Verlauf der Vegetation nahmen die spezifischen Methanerträge der Gärrohstoffe im Allgemeinen ab. Ab den Vegetationsstadium „Teigreife“ (ECA 84 – 85) hatten die Gärrohstoffe i.d.R. einen Trockenmassegehalt von mehr als 35 – 40 %. Bei Biomasse mit mehr als 40 % TM nimmt die Silierbarkeit ab.

Bei Roggen und Triticale wurden maximale Methanhektarerträge schon ab den Entwicklungsstadien „Ährenschieben“ (ECA 57 – 59) bzw. „Milchreife“ (ECA 74 – 75) erreicht. Das Ertragniveau von Roggen und Triticale war ähnlich hoch. Triticale der Sorte Tremplin erreichte den maximalen Methanhektarertrag von $3.581 \text{ NI CH}_4\cdot\text{ha}^{-1}$ Ende Juni im Stadium der „Milchreife“ (ECA 74 – 75), während auf demselben Standort die Sorte Talentro den maximalen Methanhektarertrag $3.686 \text{ NI CH}_4\cdot\text{ha}^{-1}$ schon Anfang Juni im Vegetationsstadium „Ährenschieben“ (ECA 57 – 59) erreichte.

Roggen und Triticale erreichten maximale Methanhektarerträge früher in der Vegetation als Weizen. Weizen erreichte höchste Methanhektarerträge erst gegen Ende der Vegetation. Je nach Sorte wurden zwischen 4.002 und 4.415 Nm³ CH₄·ha⁻¹ erzielt. Beim Weizen zeigte die Sorte Capo im Vergleich zur Sorte Levendis in der Jugendentwicklung niedrigere Biomassezuwächse. Mit Beginn der generativen Phase der Bestände bildete die Sorte Capo deutlich mehr Biomasse als die Sorte Levendis. Entsprechend waren Verlauf und Höhe der Biomasse- und Methanhektarerträge der beiden Weizensorten unterschiedlich ausgeprägt.

Behandlung der Biomasse. Tabelle 1 zeigt den spezifischen Biogas- und Methanertrag mit Mittelwert (\bar{x}), Anzahl der Wiederholungen (n) und der Standardabweichung des Mittelwertes ($\pm s$) bei der Vergärung von unbehandelten Sonnenblumen und Wiesengras im Vergleich zu den mit Dampf, Mikrowellen und Zitronensäure vorbehandelten Gärrohstoffen. Bei Sonnenblumen führten Dampf- und Mikrowellenbehandlung der Gärrohstoffsilage zu einer deutlichen Steigerung des spezifischen Methanertrages um 65 - 82 % im Vergleich zum unbehandelten Gärrohstoff. Durch die Säurebehandlung wurde ein Mehrertrag von 16 % erreicht. Verfahren der Dampf- und Mikrowellenbehandlung führten auch bei Wiesengras zu Steigerungen des spezifischen Methanertrages um 23 % bzw. 29 % im Vergleich zu unbehandeltem Wiesengras.

Tabelle 1: Spezifischer Biogas- und Methanertrag mit Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung ($\pm s$) und relative Änderung des Ertrages von Sonnenblumen und Wiesengras bei unterschiedlicher Vorbehandlung mit Dampf, Mikrowellen und Säure. (Anzahl der Wiederholungen = 3).

Table 1: Specific biogas and methane yield from sun flowers and grass and influence of pre-treatment.

Variante	Spez. Biogasertrag [NI Biogas·(kg oTS) ⁻¹]			Spez. Methanertrag [NI CH ₄ ·(kg oTS) ⁻¹]		
	\bar{x}	$\pm s$	%	\bar{x}	$\pm s$	%
Sonnenblumen unbehandelt	439	21	100	243	10	100
Sonnenblumen dampfbehandelt	649	19	148	402	9	165
Sonnenblumen mikrowellenbehandelt	709	26	162	443	12	182
Sonnenblumen säurebehandelt	476	31	108	281	15	116
Wiesengras unbehandelt	577	13	100	309	9	100
Wiesengras dampfbehandelt	682	50	118	380	28	123
Wiesengras mikrowellenbehandelt	737	45	128	399	26	129
Wiesengras säurebehandelt	504	46	87	282	10	91

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Weizen, Triticale und Roggen sind für die Biogaserzeugung gut geeignet. Triticale und Roggen sind auf Grund ihres hohen Biomassebildungsvermögens in relativ frühen Entwicklungsstadien besonders gut als Vorfrüchte, z.B. vor Mais oder für den Zwischenfruchtanbau geeignet.

Um hohe Methanerträge bei guter Silierfähigkeit der Gärrohstoffe zu erreichen, ist bei frühreifen Getreidearten, wie z.B. Triticale und Roggen, die Ernte ab dem Vegetationsstadium „Ährenschieben“ (ECA 57 – 59) empfehlenswert. Bei spätreifen Getreidearten, wie z.B. Winterweizen, liegt der optimale Erntetermin später in der Vegetation, wenn die Bestände das Stadium Teigreife (ECA 84 – 85) erreicht haben. Um die Silierfähigkeit der Gärrohstoffe zu erhalten sollte die Biomasse nicht mehr als 45 % TM in der FM enthalten.

Der Voraufschluss von Gärrohstoffen mit Dampf, Mikrowellen oder Säuren wirkt sich vor allem bei der Nutzung von rohfaserreichen Gärrohstoffen besonders positiv auf die Methanausbeute aus.

Danksagung. Die Untersuchungen werden im Rahmen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“, einer Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), durchgeführt. Beteiligt sind: Raiffeisen Ware Austria AG, Pioneer Saaten Ges.mBH. Parndorf (Austria), Industrie-Produktions- und umwelttechnisches Service (IPUS), GE Jenbacher, Schmack Biogas, Nawaros- Bioenergie und Rohstoff .