

# Biogaserzeugung ohne Flächenkonkurrenz auf Basis von Zwischenfrüchten, Klee gras und Reststoffen

Szerencsits, M.<sup>1</sup> und Erhart, E.<sup>2</sup>

*Keywords: Biogas; Zwischenfrüchte, Hauptkulturen, Flächenkonkurrenz.*

## Abstract

*Cover or catch crops have beneficial effects for soil, water, erosion, etc. If harvested, they also provide feedstock for biogas without competition for arable land. The latter also applies to clover grass ley or other residues on organic farms without ruminants and for manure. With an explorative approach, combining field experiments and data collection of practical implementation, we investigated achievable yields and identified recommendations for practical use. Gross energy yields of cover crops varied between 700 and 2000 m<sup>3</sup> methane (CH<sub>4</sub>) ha<sup>-1</sup> in Austria. The energy return on energy invested (EROI) ranges from 4 to 7, if biogas is upgraded and compressed for biofuel use. Therefore, about 1000 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> are remaining as net energy yield from 4.5 t of dry matter (DM). With an adequate harvesting process and a price of 85 € t<sup>-1</sup> DM cost-covering can be reached with about 4.5 t DM ha<sup>-1</sup>. If positive side effects are taken into account, 2.5 t DM ha<sup>-1</sup> may be sufficient. Even if harvested and organic matter relevant for humification is returned with digestate, beneficial effects of cover crops on soil, water and climate may be improved. 7 – 16 % of the gross biogas yield of cover crops are sufficient for the entire production of cover and main crop from cultivation to harvest including transport. Therefore biogas enables organic farming without fossil fuels. Tractors fuelled with CH<sub>4</sub> to 70 – 80 % are already available.*

## Einleitung und Zielsetzung

Die Biogaserzeugung aus Zwischenfrüchten (ZF), Gülle und Reststoffen ermöglicht die Vermeidung von Flächenkonkurrenz und Gefährdung der Ernährungssicherheit. Gleiches gilt für die Verwertung von Klee gras (KG) auf Öko-Betrieben ohne Wiederkäuerhaltung. Die Chancen und Vorteile der Biogaserzeugung im Ökolandbau wurden bereits in einzelnen Arbeiten untersucht und diskutiert (z. B. Meyer & Priefer 2012, Möller *et al.* 2006). Die energetische Nutzung von ZF aus Fruchtfolgen, deren Hauptkulturen (HK) der Nahrungs- und Futtermittelerzeugung dienen, wurde bisher nur in Ansätzen untersucht bzw. thematisiert. Im Rahmen von Syn-Energy wird deshalb untersucht, welche (Energie-)Erträge u. a. mit ZF sowohl bei konventioneller als auch ökologischer Betriebsführung erzielbar sind und welche Vorgehensweise für Anbau, Düngung und Ernte am Besten geeignet ist. Denn wegen der kurzen Zeitspanne, die den Pflanzen nach der Ernte oder vor dem Anbau der HK für das Wachstum bleibt, ist für eine rentable Nutzung Technik erforderlich, die dem Ertragspotenzial angepasst ist. Darüber hinaus wird ermittelt, welche ökologischen und volkswirtschaftlichen Effekte erreichbar sind.

---

<sup>1</sup> Öko-Cluster, Steinberg 132, 8151 Hitzendorf, Österreich, [manfred.szerencsits@oeko-cluster.at](mailto:manfred.szerencsits@oeko-cluster.at), [www.oeko-cluster.at](http://www.oeko-cluster.at)

<sup>2</sup> Bio Forschung Austria, Esslinger Hauptstraße 132-134, 1220 Wien, Österreich, [e.erhart@bioforschung.at](mailto:e.erhart@bioforschung.at), [www.bioforschung.at](http://www.bioforschung.at)

## Methoden

Zur Ermittlung der Faktoren, die zur Erreichung erntewürdiger ZF-Bestände bei gleichzeitiger Erhaltung der positiven Wirkungen und Gewährleistung wirtschaftlicher bzw. praktischer Umsetzbarkeit relevant sind, wurde ein explorativer Ansatz gewählt. Neben fünf Feldversuchen mit Schwerpunkt auf Winter-ZF wurde die technische Verwertbarkeit deshalb auch im Praxismaßstab (bisher ca. 700 ha) erprobt. Hiefür wurden von Biogasanlagenbetreibern und Landwirten das Vorgehen, aufgetretene Probleme, die erzielten Erträge sowie Kosten und Erlöse dokumentiert und im Rahmen von Workshops und Felderbegehungen mit dem Projektteam und anderen Praktikern diskutiert. Die Feldversuche mit je dreifacher Wiederholung wurden in Oberösterreich (2009 – 2012), Niederösterreich (2010 – 2014 und 2013 – 2014), dem Burgenland (2009 – 2014) und der Steiermark (2009 – 2014) auf konventionell und ökologisch bewirtschafteten Flächen angelegt, mit praxisüblicher Technik und jeweils einheitlichen HK auf der gesamten Versuchsfläche bewirtschaftet. Neben je einer Variante mit Schwarzbrache und einer ZF zur Gründüngung wurden auf den übrigen Varianten ZF beerntet und eine entsprechende Menge an Biogasgülle auf diesen Parzellen ausgebracht. Die ZF wurden ohne Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Mineraldünger kultiviert. Die Trockenmasse(TM)-Erträge von ZF und HK wurden in den Feldversuchen mit Meterschnitten ermittelt und jeweils der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt analysiert. Die TM-Erträge im Praxisanbau wurden von den Biogasanlagenbetreibern mit unterschiedlichen Methoden ermittelt und teilweise mit Meterschnitten überprüft. Die hohe Variabilität ermittelter Erträge legte es nahe, statt statistisch abgesicherter Mittelwerte Bandbreiten erzielbarer Erträge anzugeben. Die ZF-Methanertragspotenziale ausgewählter Varianten wurden mit Batchgärversuchen bestimmt und mit Literaturangaben abgeglichen. Verfahren zur Nutzung von Feldresten wurden von beteiligten Biogasanlagenbetreibern entwickelt (biog-biogas.com; uidl.at). Mit Saugkerzen, Watermark, SIS-Matrix und Decagon-FDR Sensoren sowie bis zu fünf  $N_{\min}$ -Beprobungen pro Jahr wurden Daten für die Bestimmung der Nitratauswaschung mit dem Bodenwasserhaushalts- und Stofftransportmodell SIMWASER/STOTRASIM gewonnen. Die bodenphysikalischen Eigenschaften wurden zu Projektbeginn ermittelt. Ergänzend wurde jeweils die Zusammensetzung der ausgebrachten Biogasgülle analysiert. Zur Bestimmung der Auswirkungen auf den Bodenabtrag mit dem Modell BoBB wurde der Bodenbedeckungsgrad fotografisch dokumentiert und mittels Bildanalyse-Software ausgewertet. Die Auswirkungen auf das Lachgasemissionsrisiko wurden auf Basis relevanter Parameter aus den Feldversuchen und Literaturangaben mit einem statistischen Modell abgeschätzt. Veränderungen des Humusgehalts wurden mit der standortangepassten Humusbilanzierungsmethode (STAND) ermittelt. Zur Untersuchung der Bodenfruchtbarkeit wurden zahlreiche Bodenparameter (u. a. Kaliumgehalt und Aggregatstabilität) ermittelt. Ergänzend wurden Energiebilanzen gerechnet und der ökologische Fußabdruck mit dem Modell SPonWeb untersucht. Zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit wurden die Rückmeldungen von Praktikern zusammengefasst und die Bandbreite der Kosten und Erlöse in Abhängigkeit von den angewendeten Verfahren ermittelt.

## Ergebnisse und Diskussion

**Sommer-ZF:** Das Ertragsniveau ist vor allem vom Anbauzeitpunkt und Witterungsverlauf abhängig. ZF-gemenge, deren Mischungspartner unterschiedliche Klimabedingungen bevorzugen (z. B. BIOGASMIX: Sudangras, Sonnenblume, Futtererbse, Klee, Wicke, Phacelia) erhöhen die Ertragssicherheit. Sind Leguminosen

enthalten, kann die Düngung minimiert und als Zusatznutzen Stickstoff fixiert werden. Mulchsaattechnik ermöglicht Stoppelsturz, Anbau und ggf. Gülleeinarbeitung in einem Arbeitsgang. Durch frühzeitigen Anbau nach der Ernte von Gerste oder Raps können Erträge von 5 – 7 t TM/ha erreicht werden. Beim Anbau nach Weizen Mitte bis Ende Juli liegen die Erträge im Oktober zwischen 3 und 5 t TM/ha. Bei ungünstigem Witterungsverlauf oder Anbau im August verringert sich die Ertragsersparnis entsprechend auf 2 t TM/ha bzw. die Bestände sind nicht erntewürdig. In Gebieten mit später Getreideernte sind Klee- oder Gras-Untersaaten eine Alternative zur Blanksaat und können Erträge von ca. 5 t TM/ha erreichen. Der durchschnittliche Methangehalt variierte zwischen 240 und 380 NI/kg TM. **Winter-ZF:** Das Ertragsniveau und die Auswirkungen auf die nachfolgende HK werden entscheidend von der Frühjahrsdüngung mit Biogasgülle und dem Erntetermin der ZF bestimmt. Bei Ernte in der ersten Maiwoche sind ohne Herbstdüngung Erträge von 5 – 6 t TM/ha möglich. In der letzten Aprilwoche können 3 – 5 t TM/ha erzielt werden. Die  $N_{\min}$ -Gehalte sind nach der ZF-Ernte sehr niedrig und bei der Düngung von nachfolgendem Mais oder Hirse zu berücksichtigen. Der Methangehalt lag zwischen 270 und 370 NI/kg TM. Beim Wechsel von z. B. Weizen auf Soja ist mit z. B. dem Landsberger Gemenge eine Beerntung im Herbst und Frühjahr möglich. **Kombinierte Verwertung mit KG, Reststoffen und Gülle:** Die Nutzung von ZF, KG (ca. 13 t TM/ha mit 240 - 290 NI  $CH_4$ /kg TM) und Reststoffen (z. B. Rapsstroh 2 – 5 t TM/ha mit 180 – 250 NI  $CH_4$ /t TM) als Co-Substrat ermöglicht die Biogaserzeugung aus Gülle auch in Regionen mit hoher Flächenkonkurrenz, ohne diese mit HK als Co-Substrat zusätzlich anzuhetzen. **Beerntung:** Für ZF hat sich kurzes Anwelken nach dem Mähen bewährt. Die Beräumung mit Direktschneidwerk am Häcksler ist nur bei sehr gut entwickelten ZF-Beständen rentabel. Die Beräumung von ZF mit Kurzschnittladewagen reduziert das Risiko von Bodenverdichtungen und die Kosten bei niedrigen Erträgen. Feldreste (z. B. Mais- oder Rapsstroh) werden zunächst mit einem Mulcher, der mit Band- oder Schneckenkollektor ausgerüstet ist, auf Schwad gelegt. Mit dem Ladewagen kann bei der Beräumung von Feldresten eine höhere Ladedichte erreicht werden als mit dem Häcksler. Für die Aufbereitung der Biomasse können z. B. Prallbrechmaschinen genutzt werden, die das Material nicht schneiden sondern aufschlagen. Diese Maschinen erleichtern auch die Nutzung von überständigem Gras oder Pferdemist.

**Energieertrag:** Bei 4 – 5 t TM / ha und Methangehalten von 280 NI / kg TM können mit ZF und Maisstroh knapp 1300  $Nm^3$   $CH_4$  / ha brutto erzeugt werden. Der EROI variiert je nach Ertrag, angewandeter Technik und Bodenverhältnissen zwischen 4 und 7. Abzüglich des Energiebedarfs für Erzeugung und Aufbereitung verbleiben somit netto ca. 1000  $Nm^3$   $CH_4$  / ha z. B. für die Treibstoffnutzung. Mit dieser Nettoenergieerzeugung pro ha können mit einem gasbetriebenen PKW ca. 15.000 – 20.000 km zurückgelegt werden. 7 – 16 % davon sind zur Deckung des Energiebedarfs für Bodenbearbeitung, Anbau, Pflege, Ernte und Transport von ZF und HK ausreichend. Traktoren mit  $CH_4$ -Beimischung von 70 – 80 % sind bereits verfügbar (z. B. Valtra).

**Wirtschaftliche Bewertung:** Die Kosten für ZF-Anbau, Düngung und Beerntung lagen zwischen 250 und 530 € / ha. Mit Mulchsaattechnik und einem Leguminosenanteil von ca. 50 % im ZF-Gemenge sind mit angepasster Erntetechnik in der Regel 350 € / ha ausreichend. Die Einnahmen für die Biomasse betragen für 4,5 t TM zwischen 270 und 500 € / ha. Ohne Berücksichtigung des ZF- Zusatznutzens und der Einsparungen für den Stoppelsturz war somit ein Ertrag von 4,5 t TM ausreichend, um sämtliche Kosten zu decken. Setzt man für den Zusatznutzen und die Einsparungen 150 € an (das entspricht auch in etwa den Kosten für den ZF-Anbau zur Gründüngung), ist ein TM-Ertrag von 2,5 t / ha zur Kostendeckung ausreichend.

**Ökologische Effekte:** Die positive Humuswirkung von ZF wird durch das Abernten des oberirdischen Aufwuchses bei gleicher Biomassenbildung nicht geschmälert. Die Humuswirkung von ZF kann mit bis zu 370 kg Humus-C / ha / J angesetzt werden. Die Humuswirkung der eingearbeiteten ZF-Biomasse beträgt maximal rund 50 kg Humus-C/ha/J zusätzlich, eine Humuszufuhr, die auch schon mit einer Biogasgüllegabe von rund 9 m<sup>3</sup>/ha erzielt wird. Die schwer abbaubaren Anteile der Biomasse werden somit mit der Biogasgülle wieder zugeführt. Im Falle der Beerntung steht den ZF in der Regel eine längere Vegetationsspanne zur Verfügung. Sie können deshalb mehr Biomasse bilden und eine entsprechend höhere Humuswirkung erzielen als bei Gründüngung. Bei der Gründüngung mit Sommer-ZF können darüber hinaus bedeutende Mengen an Stickstoff verloren gehen – entweder durch Auswaschung oder Ausgasung (Hartl *et al.* 2010, Möller *et al.* 2006). Bei der Biogasnutzung der ZF werden diese Stickstoffmengen in die Biogasgülle übergeführt und sind für eine gezielte Düngung nutzbar. Die unmittelbaren Auswirkungen der Biogasgülledüngung auf bodenphysikalische Eigenschaften hängen von der Menge und Ausbringungstechnik ab. Schon geringe Gaben von Bodenkalk ermöglichen die Vermeidung negativer Wirkungen. Wenn die Biogasgülle-Düngung mit der Menge der abgeernteten ZF-Biomasse und mit dem Kaliumbedarf der Kulturpflanzen abgestimmt wird, ist auch nicht mit negativen Wirkungen durch einen Kaliumüberschuss zu rechnen. Die Berechnungen zu Nitratauswaschung, Erosion und Lachgasemissionen sind noch nicht abgeschlossen. Zwischenergebnisse weisen jedoch darauf hin, dass durch die Beerntung von ZF Verbesserungen erreicht werden können.

## Schlussfolgerungen

Im biologischen Ackerbau ohne Wiederkäuerhaltung können KG, Untersaaten und ZF für die Biogasenerzeugung genutzt, die erzielbare Stickstofffixierungsleistung erhöht und gleichzeitig Risiken für Umwelt und Klima vermindert werden. Durch die Verbesserung des Humusgehalts sowie die Bereitstellung eines flexibel einsetzbaren Düngers kann außerdem das Ertragsniveau von Marktfrüchten stabilisiert oder erhöht werden. Darüber hinaus kann eine echte Erhöhung der Wertschöpfung erreicht werden, weil keine andere Nutzung verdrängt wird.

## Danksagung

Syn-Energy I und II werden aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert ([www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)) und im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ durchgeführt. Wir bedanken uns herzlich bei allen, insbesondere den Landwirten und Biogasanlagenbetreibern, die zur Durchführung dieser Projekte beigetragen haben.

## Literatur

- Hartl W., Badawi A. und Erhart E. (2010): Begrünungen richtig verwertet? BIO AUSTRIA 3 (2010):40-41.
- Meyer R. und Priefer C. (2012): Ökologischer Landbau und Bioenergieerzeugung – Zielkonflikte und Lösungsansätze. TAB-Arbeitsbericht (Nr. 151): Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung des Deutschen Bundestags
- Möller K., Leithold G., Michel J., Schnell S., Stinner W. Und Weiske A. (2006): Auswirkung der Fermentation biogener Rückstände in Biogasanlagen auf Flächenproduktivität und Umweltverträglichkeit im Ökologischen Landbau - Pflanzenbauliche, ökonomische und ökologische Gesamtbewertung im Rahmen typischer Fruchtfolgen viehhaltender und viehloser ökologisch wirtschaftender Betriebe. Endbericht - AZ 15074. Osnabrück: Deutsche Bundesstiftung Umwelt.