

## Energiepflanzenanbau zur Biogaserzeugung im Ökologischen Landbau – Ergebnisse aus dem Versuch ÖKOVERS

Klingebl, L., Stülpnagel, R., Graß, R. und Wachendorf, M.<sup>1</sup>

*Keywords: energy plants, digestate, cropping systems.*

### Abstract

*In the research project ÖKOVERS different crops for fermentation were cultivated in a double cropping system at five locations in Germany. The crop yields after half a year and after one and half a year mixture of clover/grass were compared. The second crops were maize, sorghum, sunflowers, buckwheat and others, which have been fertilised with solid and liquid digestate. In one and half a year a yields over 20 t DM ha<sup>-1</sup> of clover/grass was realised. The yields of the second crops after one and half a year clover/grass were clearly higher than after half a year clover/grass. The highest yield of the second crops in the mean of all locations was realised by maize with 11.5 t DM ha<sup>-1</sup>. The yield of sorghum and sunflowers and a mixture with maize and sunflowers with 10 t DM ha<sup>-1</sup> were comparable to the yield of maize. The yield of buckwheat was 6.5 t DM ha<sup>-1</sup> only, however this could be an alternative as there was no need for weed control. After digestate application the increases of yields were very low at all crops. The reason for this could be the wide C/N ratio and the low fraction of plant available nitrogen.*

### Einleitung und Zielsetzung

Durch die Erzeugung von Biogas wird Gärrest mit einer hohen Düngerqualität gewonnen, der in einem ökologisch wirtschaftenden Betrieb in nichtlegumen Kulturen als mobiler Stickstoffdünger eingesetzt werden kann. Als Rohstoffe stehen hierzu vornehmlich Klee gras, das in viehlosen Betrieben in der Regel gemulcht wird, sowie weitere Pflanzenarten zur Verfügung, die dem Klee gras als sommerannuelle Kulturen folgen können. Hierzu zählen neben Mais und Sonnenblumen aus der Sicht der Artenvielfalt Hirse, Buchweizen, Markstammkohl und Amarant, die aber in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit noch eingehend geprüft werden müssen, wie auch die Ertragswirkung der gewonnenen Gärreste. Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen des Projektes EVA II (FNR, 2010) im Teilprojekt 6 der Versuch ÖKOVERS an fünf Standorten im Bundesgebiet durchgeführt. Nach der Darstellung der ersten Ergebnisse aus der Variante mit halbjährigem Klee gras (Graß *et al.*, 2009) werden im vorliegenden Beitrag die Ergebnisse der Variante mit eineinhalbjährigem Klee gras präsentiert.

### Methoden

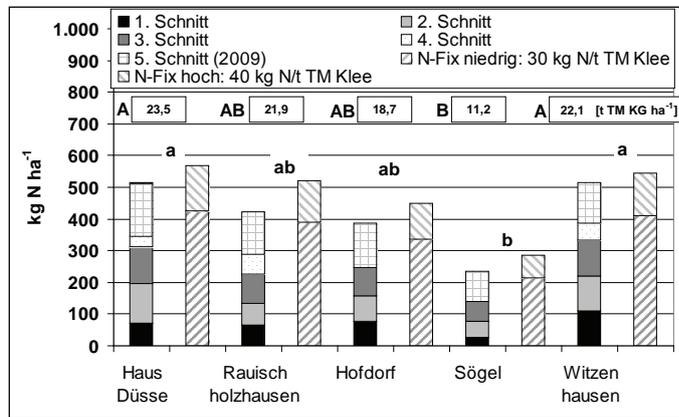
Die Versuche werden an den Standorten Haus Düsse/Nordrhein-Westfalen, (Haftpseudogley-Parabraunerde; 72 Bodenpunkte (BP), Ø 800 mm a<sup>-1</sup>, 9,7°C) Rauischholzhausen/Hessen (Haftpseudogley; 65 BP, Ø 627 mm a<sup>-1</sup>, 9,7°C), Hofdorf nahe Straubing/Bayern (Parabraunerde/Kolluvium; 76 BP, Ø 656 mm a<sup>-1</sup>, 8,7°C), Sögel nahe Cloppenburg/Niedersachsen (Braunerde; ~30 BP, Ø 768 mm a<sup>-1</sup>, 9,0°C) und Witzenhausen/Hessen (Fahlerde; 80 BP, Ø 629 mm a<sup>-1</sup>, 8,2°C) durchgeführt.

<sup>1</sup> Universität Kassel, FG Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Steinstraße 19, 37213, Witzenhausen, Deutschland, klingebl@uni-kassel.de, www.agrar.uni-kassel.de/pfb/

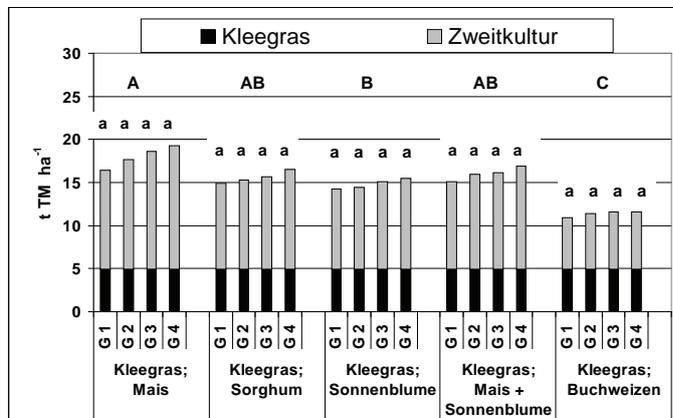
Die Versuche starteten im Herbst 2007 mit dem Anbau von Klee gras. Während in der Variante 1 (V1) der Bestand nach einem halben Jahr nach dem ersten Schnitt im Mai wieder umgebrochen wurde (Graß *et al.*, 2009), wurde das Klee gras in Variante 2 (V2) bis Mai 2009 vier bzw. fünf Mal geerntet. Nach dem letzten Schnitt und Umbruch folgten jeweils als Zweitkulturen Mais, Sorghum Hybride, Sonnenblume, Mais/Sonnenblumen-Gemenge, Markstammkohl, Buchweizen und Amarant. Die Düngung der Zweitkulturen erfolgte mit Gärrest, der in eine feste (4,96% N, 14% NH<sub>4</sub>-N, C:N = 23:1) und flüssige Phase (5,31% N, 57% NH<sub>4</sub>-N, C:N = 7:1); getrennt wurde. Die feste Phase wurde vor der Saat gedüngt und eingearbeitet, die flüssige Phase wurde ca. 6 Wochen später vor dem Hacken mittels Schleppschlauchtechnik ausgebracht. In V2 wurden 2009 vier unterschiedliche Düngungsstufen (G1-G4) bezogen auf den Gehalt an Gesamt-N im Gärrest verglichen. Ausgehend vom Vorfruchtwert einer mit Klee gras abgeernteten Fläche und dem unterschiedlichen Stickstoffbedarf der Kulturen, wurde die mit dem Gärrest zu verabreichende Menge an Stickstoff festgelegt. Hierbei sollte sowohl eine ausreichende Nährstoffversorgung gewährleistet sein als auch hohe Reststickstoffmengen nach der Ernte der Zweitfrucht vermieden werden. Neben einer ungedüngten Variante (G1) wurde zu den Zweitkulturen in G2 und G4 ein fester Gärrest zur Saat mit 25 kg N ha<sup>-1</sup> ausgebracht. Die Variante G3 wurde zur Saat nicht gedüngt. Flüssiger Gärrest wurde zu Markstammkohl, Buchweizen und Amarant mit 25 (G2), 50 (G3) und 75 kg N ha<sup>-1</sup> (G4) bzw. zu den anderen Kulturen mit 25 (G2), 80 (G3) und 105 kg N ha<sup>-1</sup> (G4) appliziert. Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.2.

## Ergebnisse und Diskussion

Mit einem eineinhalbjährigen Klee grasbestand konnten in fünf (davon vier in 2008) Schnitten an drei Standorten über 20 t TM ha<sup>-1</sup> geerntet werden (Abb. 1). An den Standorten Hofdorf und insbesondere Sögel war die Ertragsleistung deutlich geringer und es waren in 2008 nur drei Schnitte möglich. Die geringen Erträge an Klee gras in Sögel mit einer nFKWe <70 mm waren Folge des sehr trockenen Frühjahrs 2008. Der Kleeanteil im Erntegut betrug im Mittel aller Schnitte und Standorte rund 60%. Bei der Annahme einer Fixierleistung von 30-40 kg N t<sup>-1</sup> Klee-Trockenmasse (Loges 1998; Werff *et al.* 1995) entspricht die fixierte Stickstoffmenge in etwa der N-Menge im geernteten Klee gras. Die fixierten Stickstoffmengen im Aufwuchs des Klee grasses haben einen Umfang von ~250 N ha<sup>-1</sup> am Standort Sögel, bis 500 N ha<sup>-1</sup> in Haus Düsse und Witzenhausen (Abb. 1). Der fixierte Stickstoff kann bei einer Vergärung des Klee grasses im Gärrest als mobiler Dünger in Folgekulturen eingesetzt werden. Die N<sub>min</sub>-Werte nach der Ernte des Klee grasses lagen im Mittel aller Standorte bei rund 20 kg N ha<sup>-1</sup>. Nach eineinhalbjährigem Klee gras konnten beim Verzicht auf die Gärrestapplikation (G1) in den Zweitkulturen z. T. doppelt so hohe Erträge erreicht werden wie nach halbjährigem Klee gras (V1; Graß *et al.* 2008). Die höchsten Erträge erzielte mit 11,5 TM ha<sup>-1</sup> im Mittel aller Standorte die Folgekultur Mais, wobei die Erträge von nur 7 t TM ha<sup>-1</sup> in Rauischholzhausen bis 15 t TM ha<sup>-1</sup> in Haus Düsse reichten. Sorghum, Sonnenblumen und Gemenge hatten im Mittel aller Standorte eine Ertragsleistung von ~10 t TM ha<sup>-1</sup> (~7 t TM ha<sup>-1</sup> Sögel, ~14 t TM ha<sup>-1</sup> Haus Düsse) (Abb. 2). Von den anderen Kulturen konnte nur mit Buchweizen an allen Standorten ein erntefähiger Bestand etabliert und ein Ertrag von 6,5 t TM ha<sup>-1</sup> erzielt werden. Die Bestände mit Amarant und Markstammkohl waren bedingt durch mangelnde Unkrautkonkurrenz lediglich an den Standorten Rauischholzhausen und Hofdorf mit niedrigem Ertrag erntefähig. Der Buchweizen zeichnete sich dagegen durch eine rasche Jugendentwicklung und hohe Unkrautunterdrückung aus und bedurfte keinerlei Pflegemaßnahmen. Bei den anderen Kulturen (Mais, Sorghum, Sonnenblumen und dem Gemenge) waren zwei Maschinenhackgänge nötig.



**Abbildung 1:** Summe der Erträge im eineinhalbjährigen Klee (KG) (t TM KG ha<sup>-1</sup>; Zahlen über den Säulen) und N-Mengen im KG (kg N ha<sup>-1</sup>) an den fünf verschiedenen Standorten im Zeitraum von Herbst 2007 bis Mai 2009. Die zweite Säule des Standorts zeigt die berechneten Mengen an fixiertem Stickstoff aus den jeweiligen Kleeanteilen bei 30 bzw. 40 kg N t<sup>-1</sup> TM Klee (unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Summen der Kleeerträge bzw. zwischen den Summen an fixiertem Stickstoff, p=0,05).



**Abbildung 2:** Ertragsleistungen der Zweitkulturen ohne (G1) bzw. mit Gärrestdüngung (G2-G4) nach Klee in 2009 im Mittel aller Standorte (unterschiedliche Großbuchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Zweitkulturen, unterschiedliche Kleinbuchstaben zwischen den Gärrestvarianten innerhalb der Zweitkulturen, p=0,05).

Wie nach halbjährigem Klee (Graß *et al.* 2009) war auch nach eineinhalbjährigem Klee die ertragssteigernde Wirkung durch die Gärrestapplikationen bei allen Kulturen gering und statistisch nicht abzusichern. Am stärksten konnte der Mais von der organischen Dü-

gung profitieren. Dieser unerwartet geringe Ertragseffekt, der an allen Standorten zu verzeichnen war, kann nach der ersten Anlage von ÖKOVERS, in Verbindung mit den Mengen an  $N_{\min}$  während des Wachstums der Kulturen (nicht dargestellt), dahingehend interpretiert werden, dass eine starke Konkurrenz zwischen Boden und Pflanze um die Nährstoffe im Gärrest bestanden haben muss. Diese wurde durch die Trennung der Gärreste begünstigt, indem zunächst die festen mit weitem C:N-Verhältnis und später die flüssigen Gärreste ausgebracht wurden. Inwieweit bei nur geringer Gärrestwirkung im Anwendungsjahr eine Ertragssteigerung im Folgejahr erzielt werden kann, wird gegenwärtig geprüft.

## Schlussfolgerungen

Der durch den Klee fixierte Stickstoff steht nach Vergärung des Kleeegrases im Gärrest als mobiler Stickstoffdünger zur Verfügung. Obwohl Vorteile aus der Sicht der Umwelt und der Düngieranwendung bei der Trennung der Gärreste in eine Fest- und eine Flüssigphase zu verzeichnen sind, besteht wegen des weiten C:N-Verhältnisses und des geringen Anteils an löslichem Stickstoff im festen Gärrest die Gefahr erhöhter Immobilisierungsraten durch eine zeitnahe Applikation mit flüssigem Gärrest. Der feste Gärrest könnte dem Klee gras zugeschlagen werden, weil dort die Immobilisierung wenig relevant wäre. Mais erzielt als Zweitfrucht die höchsten Erträge. Die Konkurrenzkraft der Kulturen Sorghum, Sonnenblume und des Gemenges mit Mais/Sonnenblumen ist mit ~15% geringeren Ertrag nur eingeschränkt. Eine züchterische Weiterentwicklung ist aus Sicht der ökologischen Vielfalt wünschenswert. Der Ertrag des Buchweizens ist für den Anbau als Energiepflanze zu gering. Aufgrund der nicht notwendigen Pflegemaßnahmen und seiner unkrautunterdrückenden Wirkung könnte er jedoch bei züchterischer Weiterentwicklung eine Alternative zum Mais werden. Markstammkohl und Amarant sind aufgrund mangelnder Unkrautkonkurrenz derzeit nicht anbauwürdig und werden in die zweite Anlage von ÖKOVERS nicht wieder aufgenommen.

## Danksagung

Das Projekt mit dem Akronym EVA II wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz über den Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. gefördert.

## Literatur

- FNR (2010): Verbundprojekt „Energiepflanzenanbau zur Biogasgewinnung“ [www.tll.de/vbp/vbp\\_idx.htm](http://www.tll.de/vbp/vbp_idx.htm)
- Graß, R., Stülpnagel, R., Kuschnereit, S., Wachendorf, M. (2009): Energiepflanzenanbau für die Biogaserzeugung im Ökologischen Landbau. 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau
- Loges, R. (1998): Ertrag, Futterqualität,  $N_2$ -Fixierleistung, und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotklee-grasbeständen. Dissertation, Grünland und Futterbau der Universität Kiel
- Werff, P. A. van der, Baars, A., and Oomen, G. J. M. (1995): Nutrient balance and measurement of nitrogen losses on mixed ecological farms on sandy soils in the Netherlands. *Biological Agriculture and Horticulture* 11: 41-50