

## Auswirkungen zweijähriger Düngung mit NAWARO-Biogasgülle auf chemische und physikalische Bodeneigenschaften

Erhart, E.<sup>1</sup>, Siegl, T.<sup>2</sup>, Bonell, M.<sup>1</sup>, Unterfrauner, H.<sup>3</sup>, Peticzka, R.<sup>4</sup>, Ableidinger, C.<sup>1</sup>, Haas, D.<sup>1</sup>, Hartl, W.<sup>1</sup>

**Keywords:** Aggregatstabilität, Austauschbelegung, Kalium, Säurehaushalt, Verschlämmungsneigung

### Abstract

*Using biomass from intercrops as feedstock for biogas production makes it possible to produce renewable energy without compromising food production. For long-term sustainability, this practice must not have adverse effects on soil fertility. Two-year randomised field experiments were conducted on two different soil types near Bruck/Leitha (A). On chernozem soil, soil pH was only minimally influenced by liquid digestate. Also on par Chernozem with pH 5.9, short-term effects of liquid digestate on soil acidity were small due to the low salt content and high C/N ratio of the digestate. Soil potassium content increased significantly at both sites. The aggregate stability of the par Chernozem was increased by the organic matter applied via digestate. Aggregate stability and infiltration rate of the chernozem were not affected. The long-term sustainable use of intercrops for biogas and the recycling of liquid digestate as a fertilizer have two prerequisites: the rate of digestate fertilization should correspond to the amount of intercrop biomass harvested, and the digestate fertilization should be adjusted to the potassium requirements and potassium uptake of the crops.*

### Einleitung und Zielsetzung

Die Nutzung von Zwischenfrüchten zur Biogaserzeugung ermöglicht es, erneuerbare Energie aus Biomasse zu erzeugen, ohne damit die Nahrungsmittelproduktion zu konkurrenzieren. Die entstehende Biogasgülle (= flüssiger Gärrest) erlaubt eine gezieltere Düngung entsprechend dem Bedarf der Nutzpflanzen, als es durch Einarbeiten des Zwischenfruchtaufwuchses auf dem Feld möglich ist. Damit dieses System nachhaltig betrieben werden kann, muss jedoch gewährleistet sein, dass es sich auf die Bodenfruchtbarkeit nicht nachteilig auswirkt. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Auswirkungen der Düngung mit Biogasgülle auf das Säuresystem des Bodens, die Kationenaustauscherbelegung und auf die Gehalte von Haupt- und Spurennährstoffen in löslicher, austauschbarer und nachlieferbarer Form, sowie auf Aggregatstabilität und Verschlämmungsneigung des Bodens zu untersuchen.

### Methoden

Auf zwei Standorten mit unterschiedlichem Bodentyp in der Nähe von Bruck/Leitha (A) wurden zweijährige randomisierte Feldversuche durchgeführt. Die Versuchsfläche 1 befand sich auf Tschernosem aus kalkhaltigen Feinsedimenten mit pH 7,4, 8,3 % Ca-

<sup>1</sup> Bio Forschung Austria, Esslinger Hauptstraße 132, A-1220 Wien, Österreich.  
e.erhart@bioforschung.at

<sup>2</sup> Energiepark Bruck/Leitha, Fischamender Straße 12, A-2460 Bruck an der Leitha

<sup>3</sup> BODENKALK e. Gen.m.b.H., Liebenauer Hauptstraße 34/2/3, A-8041 Graz

<sup>4</sup> Universität Wien, Physiogeographisches Labor, Althanstraße 14, A-1090 Wien

CO<sub>3</sub> und 4 % Humusgehalt, die Versuchsfläche 2 auf einem kalkfreien Paratschernosem mit pH 5,9 und 2,1 % Humus.

Jeder Versuch umfasste zwei Varianten, Variante BGG = mit Biogasgülle-Düngung, und Variante K = ungedüngte Kontrolle, in jeweils drei Wiederholungen in randomisierter Blockanlage. Die Versuche wurden biologisch bewirtschaftet. Abgesehen von der Biogasgülledüngung wurden beide Varianten gleich, wie betriebsüblich, behandelt. Die Biogasgülle-Gaben erfolgten im Versuchsjahr 2010 zu Körnermais (47 m<sup>3</sup>/ha) und im Versuchsjahr 2011 als Kopfdüngung zu Winterweizen (37 m<sup>3</sup>/ha) und zur Zwischenfrucht in den wachsenden Bestand (23 m<sup>3</sup>/ha). Die Zwischenfruchtmischung enthielt Sommertriticale, Sandhafer, Mungo, Mais, Ölrettich, Sudangras, Peluschken, Alexandrinerklee, Perserklee, Leindotter und Kresse.

Da es noch keine Biogasanlage gibt, die ausschließlich mit Zwischenfrüchten beschickt wird, stammte die im Versuch verwendete Biogasgülle aus Fermentation von Zwischenfrüchten mit anderen pflanzlichen Rohstoffen (Mais etc.). Sie wies 4,8 - 5,9 % TS, 3,1 - 4,2 % organische Substanz, Leitf. 13-16 mS/cm, 0,19 - 0,30 % N<sub>ges</sub>, 0,04 - 0,09 % NH<sub>4</sub>-N, 0,06 - 0,07 % P<sub>2</sub>O<sub>5ges</sub>, 0,25 - 0,29 % K<sub>2</sub>O<sub>ges</sub>, 0,04 % Mg und ein C/N-Verhältnis von 6,3 - 9,1 auf. Die Biogasgüllegaben wurden nach der in der landwirtschaftlichen Praxis maximal möglichen Höhe bemessen, um im zweijährigen Versuch Auswirkungen auf den Boden feststellen zu können. Insgesamt wurden mit den drei Biogasgüllegaben 268 kg/ha N<sub>ges</sub>, 67 kg NH<sub>4</sub>-N, 71 kg P<sub>2</sub>O<sub>5ges</sub> und 294 kg K<sub>2</sub>O<sub>ges</sub> ausgebracht.

Zu Versuchsbeginn und zu weiteren drei Terminen, jeweils im Frühjahr 3 bis 4 Wochen nach der Biogasgülledüngung und im Herbst, wurde eine ausführliche fraktionierte Bodenanalyse der Versuchsflächen (0 - 15 cm Tiefe; pH-Wert, Kationenaustauschkapazität, Austauscherbelegung, C<sub>ges</sub>, N<sub>ges</sub>, Gehalte an Haupt- und Spurennährstoffen im Sättigungsextrakt, im LiCl-Extrakt und im verdünnten HCl-Extrakt nach ÖNORM S2122-1) durchgeführt. Zu denselben Terminen wurden auch bodenphysikalische Untersuchungen (Aggregatstabilität nach ÖNORM L1072 2004, in 5 - 20 cm Tiefe; und Verschlammungsneigung, gemessen als relative Infiltrationsleistung nach Klute und Dirksen 1986, in 5 - 9 cm Tiefe) durchgeführt. Weiters wurden Erträge und Inhaltsstoffe ermittelt. Die statistische Auswertung erfolgte mittels t-Test. Für Wurzelbeprobungen wurden Monolithe (30 x 15 x 20 cm) wiederholt entnommen, so tief wie Wurzeln vorhanden waren bzw. wie es aufgrund von Steinen möglich war. Aus diesen Bodenblöcken wurden die Wurzeln händisch ausgewaschen und ihr Trockengewicht bestimmt.

## Ergebnisse und Diskussion

Am Standort 1 war beim pH-Wert zu keinem Termin ein Unterschied zwischen den Varianten feststellbar (Tab. 1). Der hohe Kalkgehalt und die große Sorptionsstärke des Bodens bildeten einen idealen Puffer. Das Säuresystem des Bodens blieb weitgehend unbeeinflusst. Die K-Belegung am Austauscher lag zu Versuchsende in der Var. BGG bei 6,6 % gegenüber 4,6 % in der Var. K.

Der Kaliumgehalt des Bodens wurde durch die Biogasgülledüngung stark erhöht (Tab. 1). Die K-Abfuhr über die gesamte Versuchsdauer lag mit 76 kg K/ha nur bei etwa einem Drittel der Zufuhr durch die Biogasgülle. Auf dem mit K von Natur aus gut versorgten Boden kam es zu keinem Mehrentzug in der Variante BGG. Wenn die BGG-Düngung weit über den Kaliumbedarf und Kaliumentzug der Feldfrüchte hinausgeht, steigt der Kaliumanteil an der Austauscherbelegung rasch an.

**Tabelle 1: pH-Werte, Kaliumgehalte in löslicher und austauschbarer Form sowie Aggregatstabilität nach der ersten Biogasgüllegabe und zu Versuchsende**

	Standort 1				Standort 2			
	Frühjahr 2010		Herbst 2011		Frühjahr 2010		Herbst 2011	
	K	BGG	K	BGG	K	BGG	K	BGG
pH (H <sub>2</sub> O)	7,9	7,8	7,7	7,7	7,1	7,2	7,9	8,1
pH (KCl)	7,3	7,3	7,0	7,1	5,9	6,1	6,8	7,0
K <sub>lös.</sub> (kg/ha)	21	35	30	51	7	13	3 *	11 *
K <sub>aust.</sub> (kg/ha)	273	407	552 *	778 *	135	195	164 *	355 *
Stabile Aggregate (% TM)	12,6	14,2	20,4	19,5	11,5	12,8	15,6 *	20,4 *

\* signifikant bei P<0.05

Die Aggregatstabilität des Bodens zeigte einen starken jahreszeitlich geprägten Trend. Zu keinem Termin bestand bei der Aggregatstabilität ein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten. Auch bei der Verschlammungsneigung, gemessen als relative Infiltrationsleistung, war zu keinem Termin ein Unterschied nachweisbar. Dies ist auf den hohen Calciumcarbonatgehalt und den hohen Humusgehalt des Bodens am Standort 1 zurückzuführen.

Die Biogasgülle wurde auch auf dem von Natur aus sehr fruchtbaren Standort 1 ertragswirksam. Sowohl bei Körnermais als auch bei Winterweizen erzielte die Variante mit Biogasgülledüngung signifikante Mehrerträge von 1 t/ha. Der Proteingehalt des Winterweizens war in beiden Varianten etwa gleich. Die Zwischenfrucht war aufgrund der widrigen Wetterverhältnisse im Sommer 2011 mit nur 11 t FM/ha schwach entwickelt ohne Unterschiede zwischen den Varianten. Die Wurzelentwicklung (0 - 120 bzw. 0 - 100 cm Tiefe) wurde durch die Güllegabe sowohl bei Mais als auch bei der Zwischenfruchtmischung verbessert.

Am Standort 2 zeigte der pH-Wert des Bodens bei den ersten beiden Probenahmen keine signifikante Veränderung. Die Werte des dritten Probenahmetermins im Herbst 2011 wurden durch Carbokalk beeinflusst, der auf einem ca. 200 m entfernten Feld eines anderen Landwirtes gelagert und ausgebracht und dabei wahrscheinlich in geringen Mengen auf die Versuchspartellen verweht wurden. Daher kann die Frage, ob auf diesem sauren, wenig gepufferten Standort eine Versauerung des Bodens durch Biogasgülle auftritt, nicht schlüssig beantwortet werden.

Der Kaliumgehalt des Bodens wurde durch die Biogasgülledüngung stark erhöht. Die Biogasgülle gedüngte Variante wies signifikant höhere Werte sowohl des löslichen, unmittelbar pflanzenverfügbaren Kaliums als auch des austauschbaren Kaliums auf. Die K-Abfuhr lag in der Variante BGG mit 49 kg/ha bei einem Fünftel der K-Zufuhr. Der Mehrentzug an Kalium in der gedüngten Variante war mit 3 kg/ha durch das Winterweizen-Korn gering.

Am Standort 2 war die Aggregatstabilität in der Variante mit Biogasgülledüngung zu allen Terminen höher als in der ungedüngten Kontrolle. Im Mittel aller Termine lag sie in Var. BGG bei 16,5 % TM stabile Aggregate gegenüber 14,1 % in Var. K (statistisch signifikant). Bei der Verschlammungsneigung bestand zu keinem Termin ein Unterschied zwischen den beiden Varianten. Auf dem sauren, humusarmen Standort wirkte sich die Zufuhr von insgesamt ca. 4 t/ha relativ abbaustabiler organischer Substanz

(Ligningehalt 37 %) mit der Biogasgülle deutlich positiv auf die physikalischen Bodeneigenschaften aus.

Die Biogasgülle wurde auf dem eher mageren Standort 2 besonders bei Winterweizen ertragswirksam. Bei Winterweizen erzielte die Variante mit Biogasgülledüngung Mehrerträge von 1,1 t/ha (3,9 t/ha gegenüber 2,8 t/ha in Var. K; stat. sign.). Bei Körnermais war der Ertragszuwachs nicht statistisch absicherbar. Der Proteingehalt des Winterweizens war in beiden Varianten etwa gleich.

Die Zwischenfrucht war aufgrund der widrigen Wetterverhältnisse im Sommer 2011 mit nur 4 t FM/ha sehr schwach entwickelt ohne Unterschied zwischen den Varianten.

Die Wurzelentwicklung der Zwischenfruchtmischung (0 - 40 cm Tiefe) wurde durch die Güllegabe verbessert, bei Mais war die Wurzelbiomasse (0 - 80 cm Tiefe) bei der Pflanze mit Biogasgülle-Düngung etwa gleich wie bei der ungedüngten Pflanze.

### Schlussfolgerungen

Die Veränderungen beim Säuresystem des Bodens waren auf dem Tschernosem relativ gering. Auch auf dem sauren, humusarmen Paratschernosem lagen sie kurzfristig nach der Biogasgüllegabe in einem relativ geringen Bereich. Der Kaliumgehalt des Bodens stieg auf beiden Standorten signifikant an. Die bodenphysikalischen Eigenschaften wurden auf dem Tschernosem nicht beeinflusst, auf dem Paratschernosem wurde die Aggregatstabilität durch die Biogasgülle signifikant erhöht.

Für eine langfristig nachhaltige Etablierung des Systems Zwischenfruchtnutzung zur Biogaserzeugung und Rückführung der Biogasgülle sollte die Biogasgülledüngung der Menge der abgeführten Zwischenfruchtbiomasse entsprechen und auf den Kaliumbedarf bzw. Kaliumentzug der Kulturpflanzen abgestimmt werden.

### Danksagung

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes "Energiefrüchte am Acker – Feldversuch" des Energieparks Bruck/Leitha, gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Landes Niederösterreich, durchgeführt, und werden im Rahmen des Projektes „Syn-Energy II“, gefördert vom Klima- und Energiefonds, weitergeführt. Wir danken ganz herzlich Herrn H. Raser für das zur Verfügung stellen der Versuchsflächen und für die praktische Bewirtschaftung.

### Literatur

- Klute A., Dirksen C. (1986): Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. In Klute A. (Hrsg.). Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2<sup>nd</sup> edition. ASA, Madison, USA, S. 687-734.
- ÖNORM L1072 (2004): Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Aggregatstabilität nach dem Siebtauchverfahren. Österr. Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM S2122-1 (2004): Fraktionierte Analyse - Untersuchungsmethoden. Österr. Normungsinstitut, Wien.