

## Effekt von Biogas-Fruchtfolgen und Biogas-Gülle auf Bodenstruktur und weitere Bodeneigenschaften

Reents, H.J.<sup>1</sup>, Stollovsky, M.<sup>1</sup>, Brandhuber, R.<sup>2</sup>, Erez, B.<sup>1</sup> und Kainz, M.<sup>1</sup>

*Keywords: Biogas, Fruchtfolge, Aggregatstabilität, Leguminosen*

### Abstract

*In a field experiment with five different main crop rotations and five subtypes for organic biogas systems, aggregate stability, organic carbon, total nitrogen and pH were evaluated in the topsoil layer (0-5 cm) in April 2010 in a winter wheat stand. Aggregate stability was enhanced on variation of crop rotation but not on manuring with biogas slurry. Rotations with a higher percentage of legumes led to a higher aggregate stability. Nitrogen affected in a similar way while organic carbon and pH were influenced stronger by soil inhomogeneity.*

### Einleitung und Zielsetzung

In ökologischen Betrieben werden in der letzten Zeit vermehrt Biogasanlagen aufgebaut. Mit der anfallenden Biogasgülle werden Nährstoffe zwar in einem Kreislauf zurückgeführt, aus der aber leicht abbaubare, energiereiche C-Verbindungen ausgekoppelt werden. Damit wird dem Boden weniger organische Substanz zurückgeführt (Möller 2009), welche allerdings einen höheren Anteil an schwer abbaubaren Verbindungen enthält. Umstritten ist die Wirkung auf den Humushaushalt des Bodens. Der These, dass infolge durch Düngung angeregten Wachstums mehr Wurzelmasse entsteht und damit der Humusgehalt zunimmt, steht die Ansicht gegenüber, dass durch verminderte C-Rückfuhr und Anregung des Humusumsatzes durch leicht verfügbare N-Quellen der Humus abgebaut wird. Scheller (2006) vertritt die Auffassung, dass die Biogasgülle-Düngung zu einem Abbau der Bodenfruchtbarkeit führt. Mit der Biogasproduktion wird in der Regel auch im ökologischen Anbau vermehrt Mais angebaut, was sich zusätzlich auf den Boden auswirken wird. Es besteht deshalb verstärkter Untersuchungsbedarf hinsichtlich der Wirkung auf Merkmale des Humushaushalts (C, N, pH-Wert) und schneller reagierender Eigenschaften wie der Aggregatstabilität. Diese werden in einem Versuch mit unterschiedlichen Fruchtfolgen und Biogasgülledüngung untersucht.

### Methoden

In dem Biogas-Fruchtfolgeversuch Viehhausen (Reents *et al.* 2011) wurden in dem Fruchtfolgefeld „Winterweizen“ am 7.4.2010 Proben (30 Einstiche pro Parzelle) für die Bestimmung der Aggregatstabilität und der Humusmerkmale C<sub>org</sub> und N<sub>t</sub> aus dem Oberboden (0-5 cm) mit Hilfe eines Grünlandprobenstechers entnommen. Die Proben wurden luftgetrocknet, bis sie leicht siebbar (2 mm) waren. Der gesiebte Boden wurde anschließend vollständig luftgetrocknet, auf 1 mm gesiebt und die Fraktion 1-2 mm für die weiteren Analysen gewonnen (s.a. Müller *et al.* 2009). Die Aggregatstabilität wurde mit der Siebtauch-Methode nach DIN 19683-16 unter Berücksichtigung des Sandanteils ermittelt. C und N wurden mit dem Vario Max Elementaranalysator nach der Methode Dumas bestimmt. Der pH-Wert

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, TU München, Alte Akademie 12, 85354, Freising, D, reents@wzw.tum.de, www.wzw.tum.de/oekolandbau/.

<sup>2</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttingerstr. 38, PLZ, 85354, Freising, D

wurde in 0,01nKCl gemessen.

Da die Anlage (Reents *et al.* 2011) nicht vollständig randomisiert ist, wurde die Standardfruchtfolge Klee gras – Winterweizen - Zwfr. Grünroggen – Mais - Triticale-GPS als FF 1, 4, 7 in drei Streifen wiederholt; die Biogasgüllemengen pro Rotation sind in Tab. 1 zusammengefasst.

**Tabelle 1: Biogasgüllemenge ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) in der Fruchtfolgerotation von 4 Jahren**

| Fruchtfolge | $\text{m}^3$ in FF | Fruchtfolge | $\text{m}^3$ in FF | Fruchtfolge | $\text{m}^3$ in FF |
|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|
| FF 1, 4, 7  | 150                | FF 2.1      | 150                | FF 5.1      | 150                |
| FF 1.2      | 120                | FF 2.2      | 170                | FF 5.2      | 140                |
|             |                    | FF 3.1      | 180                | FF 6.1      | 210                |
|             |                    | FF 3.2      | 210                | FF 6.2      | 170                |

## Ergebnisse

Zur Prüfung der Standorthomogenität werden zunächst die Standardvarianten (FF 1, 4 und 7) verglichen (Tab. 2). In der Blockmitte (FF 4) ergeben sich leicht höhere Werte für  $C_{\text{org}}$  und pH-Wert. Bei den anderen Merkmalen gibt es keine eindeutigen Unterschiede, so dass in der weiteren Auswertung direkte Vergleiche der Fruchtfolgen und der Düngungsvarianten durchgeführt werden können, statt sich auf einen jeweiligen Nachbarschaftsvergleich zur Standardvariante zu beschränken.

**Tabelle 2: Prüfung der Feldhomogenität durch Vergleich der Bodenmerkmale (0-5 cm) der Standardvarianten**

|                      | Standard<br>FF 1 | Standard<br>FF 4 | Standard<br>FF 7 |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|
| Aggr.stab. [%]       | 27,2ab           | 29,7ab           | 33,5b            |
| $C_{\text{org}}$ [%] | 1,15b            | 1,30a            | 1,21b            |
| $N_t$ [%]            | ,117             | ,121             | ,113             |
| C/N-Verhältnis       | 9,86a            | 10,77b           | 10,76b           |
| pH-Wert              | 6,31a            | 6,69b            | 6,23a            |

Unterschiedl. Buchstaben: signif. Differenz  
 $p < 0.05$ , Tukey Test

Die Auswertung nach den Versuchsfaktoren „Fruchtfolge“ und „Biogasgülle“ zeigt, dass die Gülledüngung über alle Fruchtfolgen (Hauptvarianten) keinen Effekt auf die gemessenen Merkmale Aggregatstabilität,  $C_{\text{org}}$ ,  $N_t$ , C/N und pH-Wert hatte (Tab. 3).

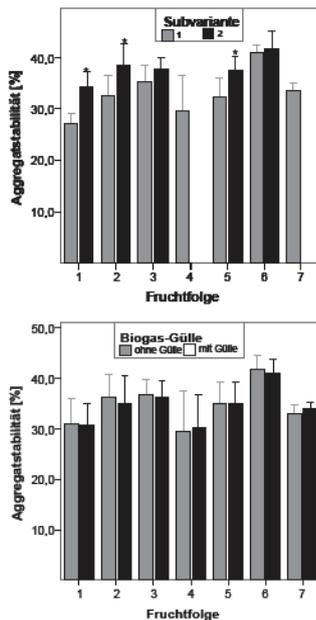
**Tabelle 3: Mittelwerte der Bodeneigenschaften, aufgeteilt nach Fruchtfolge Subvariante und Biogasgülledüngung**

|                      | Hauptvarianten |       | FF-Subvariante |         | Biogasgülle |        |        |         |
|----------------------|----------------|-------|----------------|---------|-------------|--------|--------|---------|
|                      | o. G.          | m. G. | 1              | 2       | o. G.       |        | m. G.  |         |
|                      |                |       |                |         | FF SV1      | FF SV2 | FF1 SV | FF2 SV2 |
| Aggr.stab. [%]       | 35,3           | 34,9  | 33,1           | 37,9*** | 33,1        | 38,3** | 33,0   | 37,5**  |
| $C_{\text{org}}$ [%] | 1,22           | 1,24  | 1,23           | 1,22    | 1,23        | 1,21   | 1,24   | 1,23    |
| $N_t$ [%]            | ,119           | ,121  | ,119           | ,121    | ,118        | ,119   | ,120   | ,122    |
| C/N-Verhältnis       | 10,34          | 10,26 | 10,38          | 10,19   | 10,39       | 10,26  | 10,37  | 10,12   |
| pH Wert              | 6,39           | 6,42  | 6,41           | 6,39    | 6,40        | 6,38   | 6,43   | 6,41    |

\*\*\*, \*\* signifikant für  $P < 0.001$ ,  $< 0.01$  für T-Test der FF-Subvarianten bzw. Güllebehandlung

Dagegen führte die Veränderung der Fruchtfolge im 4. Feld mit dem Wechsel von Triticale-GPS zu anderen Kulturen zu signifikant höheren Aggregatstabilitäten. Dieser Effekt ist unabhängig von der Biogasgülle-Düngung (Tab. 3). Da die Variationen in den FF verschieden sind, muss die gleichartige Reaktion über alle FF auf die Triticale und deren Anbauverfahren zurückzuführen sein. Ein wichtiger Faktor in dieser Hinsicht könnte die drei- bis vierwöchige Brache nach der GPS-Ernte im Juli darstellen.

**Abbildung 1: Aggregatstabilität in Abhängigkeit von Fruchtfolge und GÜlledüngung**



**Abbildung 1: Aggregatstabilität in Abhängigkeit von Fruchtfolge und GÜlledüngung**

Der Vergleich der einzelnen Fruchtfolgen macht deutlich, dass die Standardvarianten (FF 1, 4, 7) die niedrigsten Werte für die Aggregatstabilität aufweisen (Tab. 4, Abb. 1). Dem stehen die Varianten 6 mit dem zwei- bzw. dreijährigen Klee gras mit den deutlich höchsten Aggregatstabilitäten gegenüber.

Die Fruchtfolgen 2 und 3, die durch Wickroggen-Gründüngung bzw. Weißklee-Untersaat einen höheren Ertrag bzw. besseren Bodenschutz erreichen sollen, liegen in der Aggregatstabilität zwischen dem Standard und der Klee gras-FF. Fruchtfolge 5 mit der Senf-/Ölrettich Zwischenfrucht liegt noch mal etwas niedriger als FF 2 und 3 (Tab. 4).

Von den parallel untersuchten Werten zeigt der  $N_t$ -Gehalt ähnliche Verteilungen mit den höchsten Werten in FF 6, etwas geringer in FF 3 und niedrig in FF 1 und 7, Corg und pH-Wert sind stärker von den Bodenunterschieden beeinflusst, wie der Vergleich von FF 1, 4 und 7 zeigt (Tab. 2).

Die Korrelation der verschiedenen Merkmale zur Aggregatstabilität ist insgesamt relativ gering (Tab. 5). Die höchsten Werte ergeben in der Beziehung von  $N_t$ -Gehalt und Humuseinheiten (HE) der Pflanzen der Fruchtfolge aus den drei Vorfruchtjahren vor dem Weizen. (Die Gülle ist hier nicht einbezogen, da sie keine Wirkung auf die Aggregatstabilität zeigte.)

**Tabelle 4: Bodenmerkmale in Abhängigkeit von der Fruchtfolge**

| FF | Aggr.stab. [%] | %C <sub>org</sub> | %N <sub>t</sub> | C/N      | pH     |
|----|----------------|-------------------|-----------------|----------|--------|
| 1  | 30,81 ab       | 1,14 a            | 0,112 a         | 10,25 ab | 6,28 a |
| 2  | 35,53 c        | 1,17 a            | 0,115 ab        | 10,18 ab | 6,32 a |
| 3  | 36,45 c        | 1,25 bc           | 0,126 cd        | 9,99 a   | 6,55 b |
| 4  | 29,73 a        | 1,30 c            | 0,121 bc        | 10,76 b  | 6,69 b |
| 5  | 34,90 bc       | 1,25 bc           | 0,120 abc       | 10,50 ab | 6,55 b |
| 6  | 41,21 d        | 1,31 c            | 0,130 d         | 10,15 ab | 6,27 a |
| 7  | 33,46 abc      | 1,21 ab           | 0,113 a         | 10,73 b  | 6,24 a |

Unterschiedl. Buchstaben: signif. Differenz  $p < 0.05$ , Tukey Test

## Diskussion

**Tabelle 5: Korrelation (r) von Bodenmerkmalen**

|          |   | Aggr.stab. [%] |
|----------|---|----------------|
| Corg [%] | r | 0,189          |
|          | s | 0,064          |
| Nt [%]   | r | 0,285          |
|          | s | 0,005*         |
| C/N      | r | -0,103         |
|          | s | 0,316          |
| pH Wert  | r | -0,133         |
|          | s | 0,197          |
| HE Pfl   | r | 0,297          |
|          | s | 0,003*         |
| TM 2J    | r | 0,160          |
|          | s | 0,120          |

s = Signifikanz der Korr.

Da die Untersuchungen die längerfristigen Wirkungen von Düngung und Fruchtfolge ermitteln sollten, wurde sie im Frühjahr durchgeführt, weil zu diesem Zeitpunkt die aktuellen Umsetzungsprozesse im Boden weitgehend ruhen und sich dies bereits in einer vergleichbaren Untersuchung (Müller *et al.* 2009) als günstig erwiesen hatte. Nach dem derzeitigen Stand hat die Biogasgülle-Düngung noch keinen dauerhaften Einfluss auf die Aggregatstabilität. Zwei Möglichkeiten sollten für die Interpretation untersucht werden: erstens, ob die Qualität der organischen Substanz in der Biogasgülle eine Aggregation fördern kann und zweitens, ob der Ertragszuwachs der Güllevarianten die Humusersatzleistung der Gülle aufwiegt und es damit zum Gleichgewicht kommt. Die ertragsunabhängige Humusberechnung reicht dafür nicht aus.

Die höhere Aggregatstabilität der leguminosenreichen FF 6 und auch FF 3 ist auf vermehrte Zufuhr von strukturstabilisierendem Pflanzenmaterial zurückzuführen (höhere Humuseinheiten, Korr. Tab. 5) und ist somit vergleichbar zu den Ergebnissen von Müller *et al.* 2009. In einem geringen Umfang sind

damit auch die Stickstoffgehalte gekoppelt.

Der  $C_{org}$ -Gehalt zeigte keine offensichtlichen Reaktionen auf die Versuchsfaktoren, sondern ist stärker von der Lage im Versuchsfeld und von geomorphologischen Prozessen abhängig. Damit wird auch die geringe Korrelation von  $C_{org}$  und Aggregatstabilität erklärbar.

## Schlussfolgerungen

Das weiterhin unklare Ergebnis zur Frage der Aggregatstabilität muss durch kürzerfristige, speziell auf den Düngerwirkung ausgerichtete Untersuchungen ohne Pflanzenwachstum untersucht werden, ergänzt durch eine dynamische Berechnung der Humusersatzleistung bei gedüngten und ungedüngten Pflanzen.

## Literatur

- Reents, H.J., Kimmelman, S., Kainz, M., Hülsbergen K.J. (2011, in diesem Band): Biogas-Fruchtfolgeversuch Viehhausen - Versuchsanlage und Ertragseffekte auf Winterweizen
- Moeller, Kurt (2009): Influence of different manuring systems with and without biogas digestion on soil organic matter and nitrogen inputs, flows and budgets in organic cropping systems. In: Nutrient Cycling in Agroecosystems, Jg. 84, H. 2, S. 179–202.
- Müller, C.; Siebrecht, N.; Reents, H.J.; Brandhuber, R. und Kainz, M. (2009): Wirkungen des Ökologischen Landbaus auf Bodenerosion – Beitrag 2: Einfluss des Leguminosenmangements auf Merkmale der Bodenerodibilität. 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zürich, 11.-13. Februar 2009, 57-60.
- Edwin Scheller (2006): Essay: Biogas im organischen Landbau: ein Problem? Lebendige Erde, 4/ 2006, 18-21.