

## Versuchsbericht

# Untersuchung der Wirkung von GeoHumat auf den anaeroben Abbau von Maissilage

### 1. Versuchsziele

Es sollte experimentell geprüft werden, ob das Produkt GeoHumat als Additiv im Biogasprozess einen Einfluss auf den Biogas- und Methanertrag von Maissilage hat.

Die Fragestellungen waren im Einzelnen:

- ist beim Einsatz des Produktes eine Steigerung des Biogasertrags von Maissilage nachweisbar?
- Ist die ggf. gemessene Steigerung abhängig von der Dosierung?

### 2. Versuchsaufbau

Zur Klärung der definierten Fragestellungen wurde ein Batch-Versuch nach VDI 4630 in 30-L-Großraumfermentern durchgeführt. Um möglichst realitätsnahe Ergebnisse im Hinblick auf einen möglichen Praxiseinsatz zu erzielen, wurden sowohl Inokulum als auch die Maissilage von einem potenziellen Anwender (Bioenergiepark Klarsee) verwendet. Das Inokulum wurde vor Versuchsbeginn für 6 Tage bei 38 °C gelagert, um den Eigengasertrag zu senken.

Die einzelnen Varianten bzw. Prüfglieder sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1

<b>Prüfglied Nr.</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Bemerkungen</b>
V0	Blank-Test	Ansatz nur mit Inokulum
V1	Mit Maissilage (MS) als Substrat	
V2	nur Geohumat (GH)	Positivkontrolle
V3	MS + GH	Dosierungshöhe 1: 40 L/100 t
V4	MS + GH	Dosierungshöhe 2: 60 L/100 t
V5	MS + GH	Dosierungshöhe 3: 80 L/100 t
V6	Prüfansatz mit Referenzsubstrat	Mikrokristalline Cellulose

Das Prüfglied V2 dient dazu, eine eventuelle Erhöhung der Gasausbeute aus dem Inokulum bei Zugabe des Additivs zu untersuchen. Diese wäre dann in den Prüfgliedern V3-V6 zu berücksichtigen. Der Prüfansatz (V6) dient der Überprüfung des allgemeinen Vergärungsverlaufs und der ausreichenden Abbauproduktivität des Inokulums.

Alle Prüfglieder werden in vierfacher Wiederholung untersucht.

Als begleitende Analytik wurden standardmäßig von jedem zu untersuchenden Material (Inokulum, Maissilage, Additiv, Cellulose) die Parameter Trockenmasse (bei Maissilage korrigiert um die flüchtigen Bestandteile), organische Trockenmasse und Rohasche bestimmt.

Für die Dosierung des Additivs wurde zunächst mit der Originalprobe GeoHumat eine Verdünnung 1:200 mit destilliertem Wasser angesetzt, um die zu dosierenden Mengen handhabbar zu gestalten. Die Einwaagen in die Laborfermenter betragen:

- 5 kg Inokulum
- 15 kg Verdünnungswasser
- 0,4 kg Maissilage

Von der verdünnten Stammlösung des Additivs wurden in die betreffenden Fermenter jeweils 32 mL / 48 mL / 64 mL entsprechend den Dosierungshöhen 1 / 2 / 3 dazugegeben. Die weitere Versuchsdurchführung und -auswertung erfolgten unter Beachtung der Vorschriften der VDI-Richtlinie 4630.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1. Analytische Charakterisierung

Tabelle 2: Ergebnisse der Eingangsanalysen

Parameter	Trockenmasse TS [% d. OS]	Organische Trockenmasse oTS [% d. TM]	Organische Trockenmasse oTS [% d. OS]	Rohasche [% d. TS]
Inokulum	8,6 %	74,3 %	6,4 %	2,2 %
GeoHumat	17,3 %	31,1 %	5,4 %	11,9 %
Maissilage	24,1 %	94,0 %	22,6 %	1,4 %

#### 3.2. Biogas- und Methanerträge

Die Batch-Versuche wurden zunächst unter Berücksichtigung des Prüfgliedes V0 zur Bestimmung Eigengasanteils aus dem Inokulum ausgewertet. Es wurden die mittleren spezifischen Erträge entsprechend Tabelle 1 bestimmt.

Tabelle 3: spezifische Biogas- und Methanerträge als Mittelwert der Vierfach-Wiederholung

Prüfglied	Variante	Biogasertrag L(N) BG/kg <sub>oTM</sub>	Methanertrag L(N) CH <sub>4</sub> /kg <sub>oTM</sub>	VK
V0	Nullversuch (Impfslamm)	142,98	83,52	1,45%
V1	Nullversuch GH (Impfslamm + GH 60 L/100 t)	178,87	99,10	5,49%
V2	Maissilage (MS)	750,11	433,84	1,96%
V3	MS+ GH / Dosierung 1: 40 L/100 t	781,50	448,10	5,45%
V4	MS+ GH / Dosierung 2: 60 L/100 t	745,34	425,35	0,98%
V5	MS+ GH / Dosierung 3: 80 L/100 t	762,59	442,56	2,40%
V6	Mikrokristalline Cellulose	685,77	343,51	3,0%

Es ist festzustellen, dass das verwendete Inokulum trotz der Ausfäulung und Verdünnung noch einen erheblichen Eigengasertrag lieferte. Der Anteil des Inokulums am gesamten Biogasbildung lag im Mittel bei 40 %. Dieser Wert ist vergleichsweise hoch, in der Richtlinie VDI 4630 wird empfohlen, dass der Anteil bei ca. 20 % liegen sollte. Eine noch stärkere Verdünnung des Inokulums erscheint jedoch im Sinne einer realitätsnahem Versuchsdurchführung als nicht sinnvoll.

In Spalte 5 der Tabelle 3 sind die Variationskoeffizienten innerhalb der Vierfachwiederholung der einzelnen Prüfglieder angegeben. Die Streuung liegt mit Maximalwerten von knapp über 5% im erwarteten Bereich. Zur Visualisierung sind die Verteilungen und Streuungsmaße in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt. Es ist festzustellen, dass die

höchsten Streuungen bei Versuchen mit Zusatz von GeoHumat beobachtet wurden. Eine allgemeingültige Tendenz kann hieraus jedoch nicht abgeleitet werden.

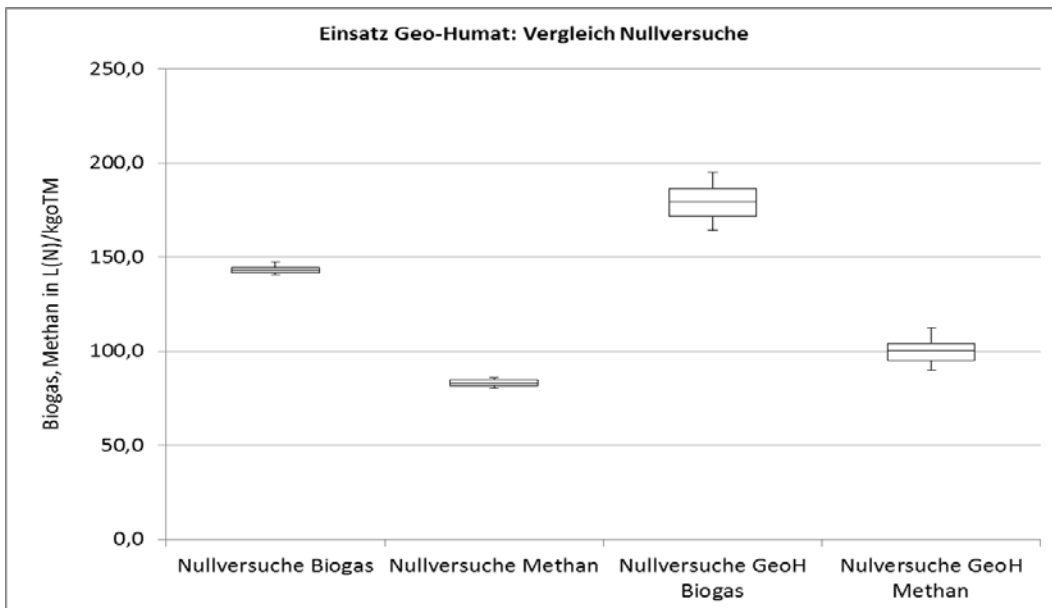


Abbildung 1: Darstellung der Nullversuche

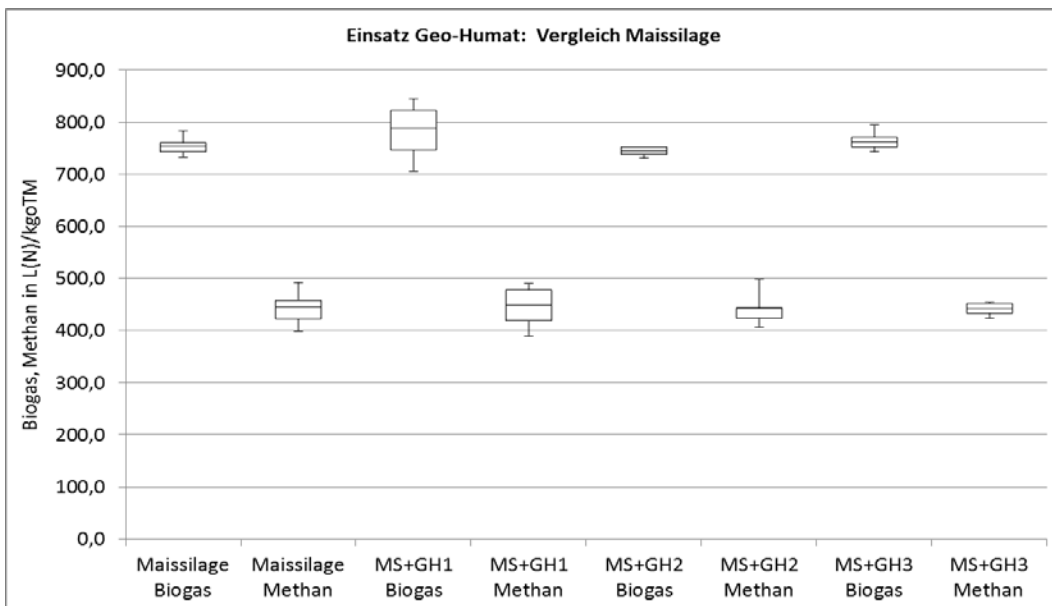


Abbildung 2: Darstellung der Versuche mit Maissilage

#### 4. Vergleich der Prüfglieder

Die Darstellung der Mittelwerte und Streuungen in Abbildung 1 und Abbildung 2 lassen bereits eine Tendenz erkennen: während bei den Nullversuchen ein deutlicher Einfluss der Zugabe von GeoHumat erkennbar ist, scheint die Zugabe keinen Einfluss auf die Biogas- und Methanbildung aus der Maissilage zu haben.

Um zu prüfen, ob die ermittelten Biogas- und Methanerträge der einzelnen Prüfglieder statistisch signifikant voneinander abweichen, wurde eine einfaktorische Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Dabei wird geprüft, mit welcher Wahrscheinlichkeit die unterschiedlichen Mittelwerte der einzelnen Prüfglieder durch die gesamte versuchstypische Streuung zustande gekommen sind. Die unterschiedlichen Dosierungen von GeoHumat wurden dabei als Faktorstufen angesetzt.

Für die Nullversuche ergeben sich somit zwei Faktorstufen (ohne, mit GH), für die Versuche mit Maissilage vier Faktorstufen (ohne GH, mit Dosierung 1, mit Dosierung 2, mit Dosierung 3)

Die Nullhypothese  $H_0$  lautet jeweils: die Mittelwerte der vier Faktorstufen unterscheiden sich nicht signifikant.

Als Ergebnis wird der p-Wert als Irrtumswahrscheinlichkeit (Wahrscheinlichkeit dass die Unterschiede der Mittelwerte rein zufällig sind) angegeben. Die Berechnungen erfolgten mit Hilfe der Software SYSTAT.

Ergebnisse für die Nullversuche:

Bezüglich der Biogaserträge:  $p = 0,002$  bzw. 0,2 %

Bezüglich der Methanerträge:  $p = 0,021$  bzw. 2,1 %

Es besteht ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Nullversuchen mit und ohne GeoHumat Zusatz.

Bei der gewählten Dosierung (48 mL Geo Humat je 5 kg Inokulum) ist der Beitrag des Additivs zur gesamten organischen Trockenmasse im Versuchsansatz sehr klein (2,6 g oTM bzw. 0,74 % der gesamt-oTM im Ansatz). der festgestellte Mehrertrag ist daher mit hoher Sicherheit nicht auf eine nennenswerte Bildung von Biogas aus dem GeoHumat selbst zurückzuführen sondern kann mit einem positiven Einfluss des Additivs auf den Biogasprozess erklärt werden.

Bei den Versuchen mit Maissilage konnte dieser Effekt jedoch nicht beobachtet werden. Die Irrtumswahrscheinlichkeit der ANOVA wurde ermittelt mit:

Bezüglich der Biogaserträge:  $p = 0,403$  bzw. 40,3 %

Bezüglich der Methanerträge:  $p = 0,776$  bzw. 77,6 %

Das bedeutet, dass die beobachteten Unterschiede zwischen den Prüfgliedern V2 bis V5 durch die allgemeine versuchstypische Streuung zu erklären sind und es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei betrachteten Faktorstufen gibt.

#### 4.1. sonstige Beobachtungen während des Versuchs

Der pH-Wert zu Versuchsbeginn lag bei allen Ansätzen zwischen pH 7,4 und pH 7,7. Zu Versuchsende lag der pH in allen Fermentern noch über pH 7,2. Einzelne Fehlgärungen können somit ausgeschlossen werden.

## 5. Zusammenfassung

Die Versuchsergebnisse lassen sich in folgenden Aussagen zusammenfassen:

1. Der Einsatz von Geo Humat hat zu einem signifikant höheren Restgaspotenzial des verwendeten Inokulums geführt.
2. Da die Gesamtzugabe an organischer Substanz durch das GeoHumat sehr gering war, kann der erhöhte Gasertrag nicht auf eine Biogasbildung aus dem Additiv selbst zurückgeführt werden und ist somit als positive Wirkung zu interpretieren.
3. Die Frage, ob diese Steigerung von der Dosierung abhängt, kann hier nicht entschieden werden, da diese Fragestellung im Rahmen des Versuchs nicht untersucht wurde.
4. Eine Steigerung des Biogasertrags der Maissilage durch die Zugabe des Additivs GeoHumat konnte nicht nachgewiesen werden. Dementsprechend kann auch keine Abhängigkeit von der Dosierungshöhe festgestellt werden.