

# Entwicklung eines Datenbanksystems zur Auswertung von Biogasversuchen

## Datenmanagement und Quantifizierung methodischer Effekte

*Die Ergebnisse von Gärversuchen können aufgrund unterschiedlicher angewandter Methodik starke Streuungen aufweisen. Um Daten von Gärversuchen detailliert zu erfassen, wurde eine datenbankbasierte Software entwickelt. Methodische Unterschiede wurden quantifiziert. Die Ergebnisse von Gaserträgen mit stündlich erfasstem Datenmaterial unterscheiden sich von täglich erfassten Daten nicht. Mit der Abschätzung des theoretischen Gasertrages ließ sich eine gute Übereinstimmung von weniger als 10% Differenz im Vergleich zu quasikontinuierlichen Tests ermitteln.*

Dipl.-Ing. agr. Markus Schlattmann und Dipl.-Ing. Manfred Speckmaier sind wissenschaftliche Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Reststoffmanagement (Leitung: Dr. agr. Andreas Gronauer) am Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik (ILT) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Vöttinger Str. 36, 85354 Freising; e-mail: markus.schlattmann@fl.bayern.de Die Arbeiten wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Referierter Beitrag der **LANDTECHNIK**, die Langfassung finden Sie unter **LANDTECHNIK-NET.com**.

### Schlüsselwörter

Biogas, Vergleichbarkeit, Datenbank

### Keywords

Biogas, comparability, data base

### Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 05607 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Vergleichbarkeit von Versuchsergebnissen ist erschwert, wenn keine zusätzlichen Angaben zum Versuchsaufbau, zur Datenbearbeitung und zu Randparametern (Gärtemperatur, Gärdauer bei Batch-Tests) angegeben sind. Insbesondere wenn verschiedenartige Fermenterkonzepte verglichen werden sollen, ist eine einheitliche Erfassung und Auswertung unter Berücksichtigung verschiedener Umstände, welche die Rohdaten beeinflussen können, zwingend notwendig.

Um die teilweise in stündlicher Auflösung anfallenden Datensätze aus jeweils unterschiedlichen Versuchsaufbauten für Gärtests einheitlich und zentral zu sammeln, sollte ein Datenbanksystem entwickelt werden, welches die entsprechenden Rohdaten aufnimmt, nach festgelegten Verfahren miteinander in Beziehung setzt und unter Beachtung der jeweiligen Versuchsbedingungen verrechnet. Die Ausgabe einer Ergebnistabelle sollte die schnelle, weitere Auswertung ermöglichen.

### Datenbanksystem und Datennormierung

Kernstück des Datenbanksystems ist eine VBA (Visual Basic for Applications) - Software, welche die gesichteten, vorbearbeiteten und ins System importierten Rohdaten miteinander in Beziehung setzt, verrechnet und die Ausgabetable erzeugt (Bild 1). Die Zuordnung jeder Rohdatenerhebung erfolgte über eine eindeutige Fermenterbezeichnung und eine Datums- und Uhrzeitangabe. Bevor Rohdaten in die Datenbank importiert wurden, wurden diese manuell gesichtet und auf Plausibilität ge-

prüft. Gaserträge müssen stets für Normbedingungen angegeben werden. Zusätzlich wurden Daten zur Anlagenbeschickung und Ergebnisse chemischer Analytik in die Datenbank aufgenommen, so dass sich in einem definierten Betrachtungszeitraum die zugeführte Menge an organischer Substanz aus der Mischung berechnen und aufaddieren lässt. Mit der Vorgabe eines Startzeitpunktes, eines Endzeitpunktes und des zu betrachtenden Fermenters erstellt die Software mit einer Schrittweite von einer Stunde eine Ergebnistabelle, die für weitere Auswertungen zur Verfügung steht.

Da das Messintervall der Gasanalyse an die Belastbarkeit der Sensoren und die je nach Fermentergröße unterschiedlichen zur Verfügung stehenden Gas Mengen angepasst wurde, musste jeweils der zum Stundenwert der Gasmenge zugehörige Methananteil aus den vorhandenen Messwerten gemittelt werden.

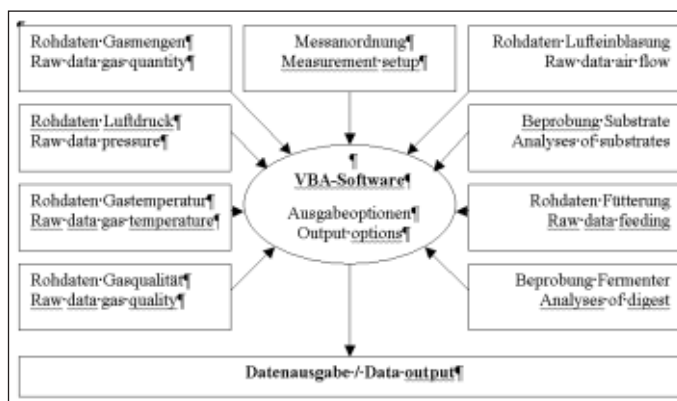
Bild 2 zeigt entsprechende Ausgaben der Datenbank-Software. Gut zu erkennen ist jedes Fütterungsereignis im Steady-State-Zustand eines quasi-kontinuierlich betriebenen Fermenters über einen Zeitraum von 28 Tagen.

### Fermenter und Messtechnik

Die folgend betrachteten Anwendungsbeispiele des Systems beziehen sich auf ausgewählte Versuchsergebnisse von 36 L-Fermentern (Füllvolumen 28 L, 38 °C Gärtemperatur, langsam laufendes Rührwerk). Im

Bild 1: Übersichtsskizze der Datenbank

Fig. 1: Overview of the database



Durchflussbetrieb wurden sechs Fermenter betrieben: drei mit gleichbleibend produzierten Basissubstrat als Nullprobe und drei weitere mit Basissubstrat und Grassilage als Versuchsvariante. Die Befüllung erfolgte an sechs von sieben Tagen in der Woche. Die hydraulische Verweilzeit betrug 32,7 Tage. Zusätzlich standen drei baugleiche Fermenter für Batch-Versuchsansätze zur Verfügung. Die Gasmengen wurden mit MilliGascountern® erfasst und stündlich aufgezeichnet. Die Gasanalyse (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) erfolgte mit einem Gasanalyse-System der Fa. Awite. Die Messung erfolgte für jeweils 4 L automatisiert in Abhängigkeit der Gasproduktion.

### Ausgewählte Ergebnisse beim Vergleich differierender Methodik

Während des Versuchs mit Grassilage als Substrat wurden Gasmengen und Gasqualitäten parallel zu den stündlichen Aufzeichnungen täglich manuell erfasst. Aus diesen Daten wurde dann auf täglicher Basis ebenfalls die Rohbiogasmenge sowie die normierten Biogas- und Methanmengen ermittelt. *Tabelle 1* zeigt die Gegenüberstellung der Ergebnisse. Unter der Voraussetzung, dass keine Synergieeffekte auftreten [1], ergibt sich für das alleinige Substrat Grassilage ein Methanertrag von 266±19,6 L<sub>N</sub>·(kg oTS)<sup>-1</sup>. Die Ermittlung der theoretischen Gasausbeute [2, 3] auf Basis der Inhaltsstoffe ergibt einen Methanertrag von 291 L<sub>N</sub>·(kg oTS)<sup>-1</sup>. Dieser liegt damit etwas über den in diesem Versuch ermittelten Werten. Ein Unterschied von weniger als 10% konnte auch im Falle anderer getesteter Substrate ermittelt werden.

Bei dem hier dargestellten Vergleich von Batch- und Durchflussverfahren wurden die

Tab. 1: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen spezifischer Gaserträge der gleichen Durchfluss-Gärversuche bei unterschiedlicher Rohdatenerhebung in zwei Varianten (A: Basissubstrat + Grassilage (n=3), B: nur Basissubstrat (n=3))

Datenerfassung	spezifischer Gasertrag [L*(kg oTS) <sup>-1</sup> ]			Ø
	Biogas, roh	Biogas, normiert	CH <sub>4</sub> , normiert	
A stündlich, geloggt	305±12	261±10	148±6	56,9
täglich, manuell	307±11	270±10	148±6	54,6
B stündlich, geloggt	196±3	168±2	102±2	61,0
täglich, manuell	195±2	172±2	102±1	59,4

Tab. 2: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen spezifischer Gaserträge bei der Vergärung von Basissubstrat im absatzweisen Verfahren (n=6, Erträge nach 32,7 Tage Gärzeit) und im quasi-kontinuierlichen Test (n=9, hydraulische Verweilzeit 32,7 Tage)

Testverfahren	spezifischer Gasertrag [L*(kg oTS) <sup>-1</sup> ]			Ø
	Biogas, normiert	CH <sub>4</sub> , normiert	CH <sub>4</sub> [%]	
Absatzweise	168±21	103±13	61,6±2,2	
Quasikontinuierlich	165±16	103±9	62,6±1,3	

Bild 2: Feuchte Biogasproduktionsrate (A), normierte Biogasproduktionsrate (B) und normierte Methanproduktionsrate (C)

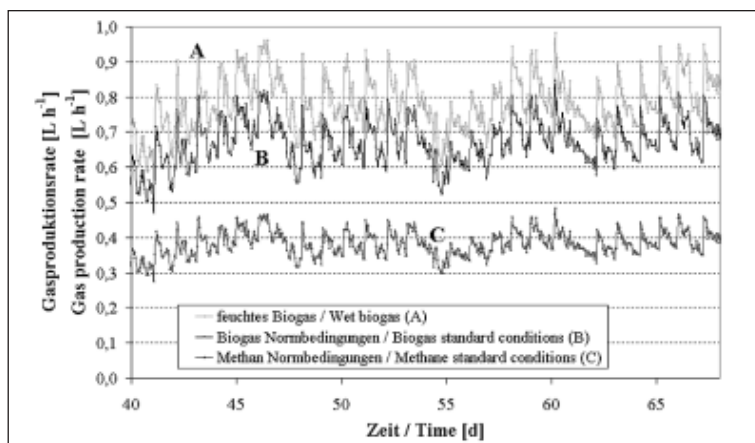


Fig. 2: Wet biogas production (A), standardized biogas production rate (B) and standardised methane production rate (C)

Nullproben durchgeführter Substrattests verwendet. Somit kann der Vergleich mit dem kontinuierlich produzierten Basissubstrat geführt werden (*Tab. 2*), ohne zusätzlichen Schwankungen in der Substratzufuhr und etwaigen Synergieeffekten zu unterliegen. Wie die dargestellten Werte zeigen, konnte kein Unterschied in der Produktivität des Batchansatzes im Vergleich zum Durchflussansatz nachgewiesen werden.

Werden frisch gemessene pH-Werte mit später im Labor ermittelten Werten verglichen, ergibt sich, dass letztere in der Regel höher liegen. Die Datenbank erfasst beide pH-Werte separat, so dass der Vergleich des Wertes zum Zeitpunkt der Entnahme an einem Fermenter mit der dazugehörigen Laboranalyse erfolgen kann. Wird der frisch gemessene pH-Wert vom Laborwert abgezogen, ergibt sich bei Betrachtung von 259 Wertepaaren eine mittlere Differenz von 0,25 pH-Einheiten bei einer relativ großen Standardabweichung von 0,2.

### Diskussion der dargestellten Ergebnisse

Bei fehlenden Versuchswiederholungen können auftretende Probleme eventuell nicht

bemerkt werden und zu schwer interpretierbaren Ergebnissen führen. Da es sich bei der Vergärung um einen biologischen Prozess handelt, der nicht vermeidbaren Schwankungen unterliegt, ist ein Versuchsansatz in mindestens drei Wiederholungen zu empfehlen. Dies ist bei Betrachtung von Großfermentern leider nur in den seltensten Fällen möglich. Eine Dokumentation der Normierungsschritte und Randbedingungen sollte ebenfalls erfolgen, um veröffentlichte Zahlen besser einordnen zu können. Bei dem Vergleich von Batch- und Durchflussverfahren fällt auf, dass sich die Werte bei Einsatz des annähernd gleichbleibenden Basissubstrates kaum unterscheiden. Dieses erscheint diskussionswürdig, da durch die Fütterungs- und Entnahmevergänge im quasi-kontinuierlichen Betrieb nicht vergorenes Material ausgetragen werden müsste und somit nicht mehr der Gasbildung zur Verfügung steht. Ein niedrigerer Gasertrag wäre also zu erwarten. Mögliche Ursachen für den Ertragsausgleich gegenüber dem Batchansatz könnte eine angeregtere Hydrolyse sowie die Aufrechterhaltung der mikrobiologischen Prozesskette sein.

Zur Prozessbeurteilung sollte möglichst ein frisch gemessener pH-Wert herangezogen werden, da je nach Probenbehandlung und Zeitverzögerung mit einer Verfälschung des Wertes nach oben zu rechnen ist.

### Fazit und Ausblick

Mit dem System ist es möglich, einen Rohdatenbestand auf größtenteils stündlicher Basis zentral zu verwalten, mit definierten Verfahren zu normieren und zu einheitlich berechneten Sekundärdaten zu gelangen. Durch die automatisierte Diagrammstellung ist es möglich, einen Gärversuch oder einen interessierenden Ausschnitt daraus schnell zu visualisieren und weiteren Auswertungen zuzuführen.

Da die Ausgabetabelle fermenterspezifisch erstellt wird, ist es möglich, Besonderheiten der jeweiligen Versuchs- oder Messanordnung in die Berechnungen miteinzubeziehen.