



# Abfall mit Potential

## Schnelle und kostengünstige Vorhersage des biochemischen Methanpotentials für eine effizientere Biogasproduktion

Bei der Produktion von Biogas streben Hersteller einen möglichst hohen Methananteil an, denn aus Methan wird bei der Verbrennung Energie gewonnen. Die Zusammensetzung von Biogas kann jedoch stark variieren, weil Biogas durch anaerobe Vergärung aus biologischen Abfällen und organisch belastetem Abwasser sowie aus nachwachsenden Rohstoffen

gewonnen wird und es in der Natur der verwendeten Substrate liegt, dass ihre Beschaffenheit variiert. Durch die richtige Verwendung der Substrate lässt sich die Methanausbeute maximieren. Die schnelle und günstige Bestimmung des biochemischen Methanpotentials hilft Herstellern dabei, die Biogasanlage effizient zu betreiben.

## Biogas: Wie aus Abfall Energie gewonnen wird

Biogas ist eine attraktive Energiequelle, weil es aus Abfällen und nachwachsenden Rohstoffen gewonnen wird. Es handelt sich dabei um ein Gasgemisch, wobei Methan der entscheidende Bestandteil für die Energiegewinnung ist. Die anaerobe Vergärung der Substrate zur Biogasgewinnung verläuft in vier Schritten<sup>1</sup>:

### Der Methanbildungsprozess

1. Komplexe Verbindungen des Substrats (Kohlenhydrate, Fette und Eiweißverbindungen) werden durch von Bakterien abgesonderte Enzyme in ihre «Bausteine» hydrolysiert.
2. Während der sogenannten Versäuerungsphase verdauen fermentative Bakterien die «Bausteine» aus Schritt 1 zu organischen Säuren, Alkoholen, Wasserstoff und CO<sub>2</sub>.
3. Acetogene Bakterien verwandeln die organischen Säuren und Alkohole in Essigsäure, Wasserstoff und CO<sub>2</sub>.
4. Methanbakterien metabolisieren unter anaeroben Bedingungen die Essigsäure bzw. Wasserstoff und CO<sub>2</sub> zu Methan.

## Wieviel Methan lässt sich aus meinem Substrat gewinnen?

Eine effiziente Methanbildung setzt sowohl geeignete Bedingungen im Biogasfermenter als auch taugliche Substrate voraus. Um zu entscheiden, welche Substrate in welchem Verhältnis in den Fermenter kommen, können sich Produzenten das biochemische Methanpotential (BMP) zunutze machen. Das BMP gibt die Menge an Methan in Millilitern an, die bei der anaeroben Vergärung eines Gramms organischer Trockensubstanz entsteht. Wieviel das ist, hängt von der Zusammensetzung des Substrats ab, denn Kohlenhydrate, Proteine, Ballaststoffe usw. werden jeweils zu bestimmten Mengen Methan umgesetzt. Der Gehalt an Lignin dagegen beeinflusst die Methanproduktion negativ: Das BMP nimmt mit steigendem Gehalt des Biopolymers ab, denn sowohl Lignin selbst als auch die davon abgeleiteten Tanninpolymere sind giftig für Methanbakterien<sup>2</sup>.

## Lange Messdauer: Die klassische Bestimmung des BMPs

Bei der klassischen Bestimmung des biochemischen Methanpotentials wird eine Biogasfermentation in kleinem Masstab durchgeführt: Substratproben werden mit anaeroben Bakterien angeimpft und bei ca. 35 bis 37 °C für eine Dauer von 25 bis 50 Tagen inkubiert – bis kein Gas mehr freigesetzt wird. Die Menge an Gas und dessen Methangehalt werden gemessen, um daraus das Volumen an gebildetem Methan pro Gramm organischer Trockensubstanz zu bestimmen.



*Wegen der langen Messdauer von im Schnitt 30 Tagen ist die biochemische BMP-Messung als Hilfsmittel für die Prozessoptimierung nicht optimal.*

Das BMP ist ein aussagekräftiger Indikator für die Effizienz der Methanbildung aus einem gegebenen Substrat, doch wegen der langen Messdauer von im Schnitt 30 Tagen und der hohen Kosten ist die biochemische BMP-Messung als Hilfsmittel für die Prozessoptimierung nicht optimal. Im Bestreben, Ergebnisse schneller zu erhalten, wurden in der mathematischen Modellierung des BMPs Erfolge erzielt. Dazu wurde die Zusammensetzung der Substrate, d. h. deren Gehalt an Kohlenhydraten, Proteinen, Fetten, Gesamtkohlenstoff etc., analysiert und mit dem biochemisch bestimmten BMP korreliert. Die resultierenden mathematischen Modelle erlauben Vorhersagen des BMPs, wenn die Zusammensetzung des Substrats bekannt ist, jedoch braucht die Bestimmung der benötigten Parameter wiederum zu viel Zeit und verursacht zusätzliche Kosten<sup>3</sup>.

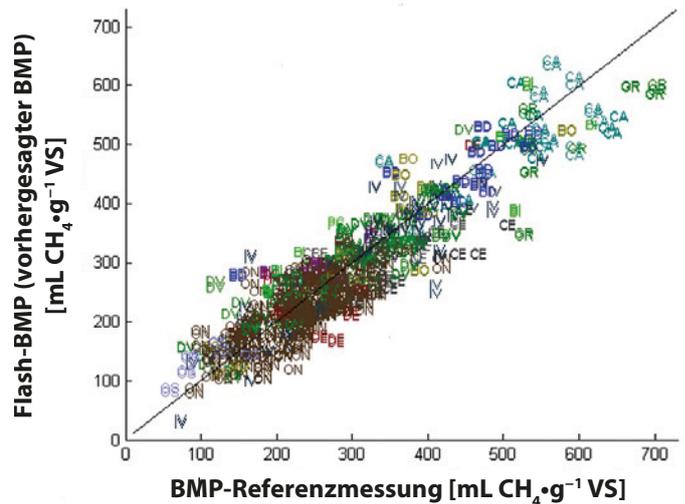
## Das BMP mit Nahinfrarotspektroskopie vorhersagen

Die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) misst nicht einzelne Probenkomponenten, sondern erfasst umfassende Informationen über die analysierte Probe. Um die Beziehung zwischen den Spektren und dem BMP zu beschreiben, werden die biochemischen Methanpotentiale der Proben eines Probensatzes klassisch bestimmt und mit den Spektren der Proben korreliert. Man erhält dadurch ein Kalibriermodell, das nach erfolgreicher Validierung an einem weiteren Probensatz für die Vorhersage des BMPs verwendet werden kann. Der besondere Vorteil der NIR-spektroskopischen Bestimmung ist, dass die Messung weniger als eine Minute dauert und keine Reagenzien erfordert.

## Flash BMP®: Ein umfassendes Kalibriermodell für die schnelle BMP-Bestimmung

Eine Fülle an Literatur beschreibt Kalibriermodelle für die NIR-spektroskopische Vorhersage des biochemischen Methanpotentials diverser Substrate, z. B. Gräser<sup>4</sup>, Mais<sup>5</sup> und Siedlungsabfälle<sup>6</sup>. Werden aber unterschiedliche Substrate verwendet und soll deren Kofermentation anhand des BMPs des Gemischs bewertet werden, sind diese Modelle ungeeignet. In solchen Fällen wird ein Modell benötigt, das eine Vielfalt von Substraten abdeckt.

Ein solches Modell gibt es nun: Flash BMP®. Flash BMP® wurde von Ondalys entwickelt, einem auf Datenanalyse spezialisierten Spin-off der Iowa State University und des französischen Instituts für die Erforschung von Wissenschaften und Technologien für Umwelt und Landwirtschaft (IRSTEA). Über 500 unterschiedliche Substrate bilden die Grundlage für das Kalibriermodell, darunter landwirtschaftliche und Grünabfälle, Energiepflanzen, Fleischabfälle, Gülle und Klärschlamm. Die Ergebnisse der Kreuzvalidierung sind in Abbildung 1 zu sehen. Das Modell erzielt eine Reproduzierbarkeit, die mit der des biochemischen Verfahrens vergleichbar ist.



**Abbildung 1.** Die Kreuzvalidierung zeigt die Übereinstimmung der mit NIRS und Flash BMP® vorhergesagten Werte mit den biochemisch bestimmten Referenzwerten. VS steht für *volatile solids* (organische Trockensubstanz).



Die Substrate in der Biogasproduktion fallen divers aus. Trotzdem kann ihr biochemisches Methanpotential mit einem einzigen Kalibriermodell nahinfrarotspektroskopisch bestimmt werden: Flash BMP®.

« *Es werden keinerlei Chemikalien oder Reagenzien benötigt – und die Resultate liefert das System auf Knopfdruck.*

## Eine Komplettlösung für Biogasproduzenten

Metrohm und Ondalys bieten zusammen ein Komplettpaket für die extrem schnelle BMP-Bestimmung an. Es besteht in der einfachsten Ausführung aus dem NIRS DS2500 Analyzer, dessen Bediensoftware Vision Air und dem einsatzfertigen Kalibriermodell Flash BMP® von Ondalys. Mit diesem System wird das biochemische Methanpotential schnell, kostengünstig und vor allem einfach vorhergesagt. Dabei werden keinerlei Chemikalien oder Reagenzien benötigt – und die Resultate liefert das System auf Knopfdruck.



**Abbildung 2.** Mit dem NIRS DS2500 Analyzer und dem direkt einsatzfähigen Kalibriermodell Flash BMP® lässt sich das biochemische Methanpotential auf Knopfdruck vorhersagen.

Sie möchten mehr über den NIRS DS2500 Analyzer für die BMP-Bestimmung wissen? Laden Sie den Prospekt mit der Nummer 8.000.5204 herunter unter [bit.ly/nirsbmp](http://bit.ly/nirsbmp).

## Referenzen

- [1] Lemmer, A. and Preißler, D. (2006) top agrar 9, 106–108
- [2] Field, J. A. and Lettinga, G. (1987) Water Res. 21, 367–374
- [3] Lesteur, M et al. NIR 2013 Proceedings, La Grande-Motte, France, Jun 2–7, 2013
- [4] Raju, C. S. et al. (2011) Bioresource Technol. 102(17), 7835–7839
- [5] Grieder, C. et. al. (2012) J. Near Infrared Spec. 19(6), 463–477
- [6] Lesteur, M. et al. (2010) Process Biochem. 45(4), 331–440

## 3 Fragen an Dr. Sylvie Roussel, CEO bei Ondalys



### Was hat Sie dazu bewegt, ein Kalibriermodell für BMP-Analysen zu entwickeln?

Weltweit werden laufend neue Biogasanlagen gebaut. Die meisten werden mit Fermentationsmischungen betrieben. Um das Maximum aus den inhomogenen Substraten herauszuholen, sind BMP-Messungen nötig, aber das nasschemische Verfahren kostet viel Zeit und Geld. Einige öffentliche und private Forschungsinstitute suchten darum nach einem neuartigen Test. Sie entschieden, dass NIRS die ideale Technik sei. Wir trugen zur Entwicklung eines robusten Kalibriermodells bei.

### Was macht NIRS zur idealen Technik für die BMP-Bestimmung?

Die NIRS bestimmt das BMP in einer schnellen Messung und ist dabei so genau wie die nasschemische Methode. Das einfache Verfahren vermindert den Arbeitsaufwand zudem drastisch und senkt die Analysendauer von 30 Tagen auf wenige Sekunden. Weil die Methode schnell ist und keine Probe verbraucht, kann damit auch eine wesentlich repräsentativere Probe der heterogenen Substrate untersucht werden.

### Biogas wird kontrovers diskutiert, weil für seine Herstellung verwendete Energiepflanzen mit Nahrungs- und Futtermittelpflanzen in Flächenkonkurrenz treten. Wie können diese Bedenken überwunden werden?

In einigen Ländern gibt es Biogasanlagen, die Methan ausschließlich aus Energiepflanzen gewinnen. In anderen Ländern, z. B. Frankreich, werden Biogasanlagen mit Abfällen aus verschiedenen Quellen betrieben. Das sollte weltweit der Standard sein. Wenn heterogene Substrate wie Abfall verwendet werden, ist die BMP-Bestimmung übrigens umso wichtiger, um die Energieausbeute zu optimieren und grössere Ausfälle des anaeroben Prozesses zu verhindern. Kein Anlagenleiter möchte sich mit einem sechsmonatigen Produktionsneustart herumschlagen ...