



Monitoring zur Erhebung der Stoffströme in Biogasanlagen nach Gärrest-Separierung (Teil 1)



Einleitung

Im Herbst 2011 wurde in Abstimmung mit den Regierungspräsidien Referat 33 ein Monitoring zur Erfassung der Stoffströme von Biogasanlagen mit Separierung gestartet.

Anlass hierzu war, dass bei zunehmender Separierung flüssiger Gärreste sich vermehrt Fragen nach der Düngewirksamkeit des festen und des flüssigen Anteils separierter Gärreste stellen.

Hieraus sollten Zusatzinformationen zur Anrechnung für die Düngedarfsermittlung konkretisiert und zum anderen geklärt werden, wie die N-Anrechnung separierter Gärreste bzgl. weiterer Vorgaben in der Düngeverordnung (N-Obergrenze, Nährstoffvergleich) sowie in der SchALVO zu bewerten ist.

Bei den untersuchten Biogasanlagen handelte es sich – soweit dies aus den Zusatzinformationen der Einsender erkennbar war – um mesophile Anlagen auf Basis pflanzlicher Substrate. In den ausgewählten Intensivregionen werden in der Mehrzahl der Anlagen zusätzlich Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft mitvergoren. Es waren keine sog. Bioabfall-Anlagen, die pflanzliche wie nicht pflanzliche Substrate, die nicht aus der Landwirtschaft stammen, verarbeiten, in das Untersuchungsprogramm eingebunden.

Material und Methoden

Hierzu sollten möglichst alle im jeweiligen Betrieb anfallenden Stoffströme wie

- *flüssiger Gärrest (Zulauf zum Separator)*
- *Fraktionen separierter Gärreste*
 - *Feststoffanteil*
 - *flüssige Fraktion (= Fugat)*
- *flüssiger Gärrest im Lager (= Mischung aus unbehandelten flüssigen Gärresten und Fugat)*
- *abgelagerter Feststoffanteil (z.B. in Folge einer Trocknung oder Kompostierung)*

erfasst werden.

Alle Proben wurden auf folgende Kenngrößen untersucht:

- *TS-Gehalt*
- *pH-Wert*
- *organische und basisch wirksame Substanz (als CaO)*
- *Gesamt-Nährstoffe: N, P, K, Mg, S*



- lösliche Nährstoffe: NH_4-N
- seuchenhygienische Parameter

Folgende Daten zur Biogasanlage sollten zusätzlich erhoben und berichtet werden:

- Art und Größe der Anlage
- Art und Mengenanteile der Gärsubstrate
- Einzugsgebiet (ca. ha-Fläche) der Anlage für Gärsubstrate und Ausbringfläche für die Gärreste (ggf. Angabe der WSG-Fläche)
- Lagerdauer der festen Gärrest-Fraktion.

Ergebnisse

Teil 1: Darstellung der Datensätze im Mittel der Gesamterhebung

Die Zeitspanne für das Monitoring wurde von ursprünglich 12 auf 24 Monate ausgeweitet. Dadurch ergab sich der in der nachfolgenden Tabelle dargestellte Probenumfang. Die Betriebe bzw. Proben wurden ausschließlich in den Dienstbezirken der Regierungspräsidien Stuttgart und Tübingen erfasst. Mit 24 bzw. 25 Betrieben waren die Einsendungen aus dem Dienstbezirk des RP Stuttgart bzw. Tübingen gleich, jedoch war die Anzahl der Probenfraktionen aus dem RP Tübingen mit 102 Proben doppelt so hoch (Tabelle 1).

Tabelle 1 Übersicht „Gärrest-Monitoring 2012-13“

Zahl Betriebe	Probenart				
	Zulauf Separator	Fugat	GR fl. Lager	GR fest n. Separator	GR fest gelagert
49	45	29	20	36	22
mittl. Lagerungsdichte [g/l]	1000			374	457

Die Einzelergebnisse sowie die zusammengefassten Daten der beiden Regierungsbezirke sind im Anhang (Teil 2) dargestellt.

Die folgenden Tabellen haben einen identischen Aufbau. Als nicht unwesentliche Zusatzinformation wurden die Minimum- und Maximumwerte der jeweiligen Untersuchungsparameter aufgetragen. Die TM-Gehalte der verschiedenen Probenarten reflektieren sehr gut die Aufbereitung der flüssigen Gärreste einer Biogasanlage (Tabelle 2).

Tabelle 2 allgemeine Kenngrößen (TM-Gehalte, pH-Werte, basisch wirksame Anteile)

TM-Gehalt [% FM]

statistische Masszahlen	Probenart				
	Zulauf Separator	Fugat	GR fl. Lager	GR fest n. Separator	GR fest gelagert
Median	8,1	6,5	6,8	25,0	20,7
Minimum	4,3	3,6	4,6	18,8	15,3
Maximum	11,7	9,8	11,1	34,5	56,2

Besonders zu beachten sind die hohen pH-Werte – insbesondere der Feststoff-Fraktion nach Separierung -. Hierauf wird in einem späteren Abschnitt, der sich mit möglichen N-Verlusten befasst, näher eingegangen.

pH-Wert

statistische Masszahlen	Probenart				
	Zulauf Separator	Fugat	GR fl. Lager	GR fest n. Separator	GR fest gelagert
Median	8,0	8,1	7,9	8,7	8,4
Minimum	7,5	7,8	7,3	7,5	7,2
Maximum	8,3	8,4	8,2	8,9	8,8

basisch wirksame Anteile (CaO) [kg/t FM]

statistische Masszahlen	Probenart				
	Zulauf Separator	Fugat	GR fl. Lager	GR fest n. Separator	GR fest gelagert
Median	5	5	5	21	21
Minimum	3	3	3	10	11
Maximum	8	9	12	32	43

Die Zufuhr an basisch wirksamer Substanz über Gärreste ist etwa doppelt so hoch wie beispielsweise bei Rindergülle. In Folge der Konzentrierung werden je t FM Feststoff ca. 20 kg/ha CaO ausgebracht. Dies entspricht bei einer sachgerechten Ausbringmenge von 20 t FM/ha einer Kalkgabe von ca. 400 kg/ha. Hiermit wird bereits der größte Teil des jährlich stattfindenden Kalkverbrauchs abgedeckt. Nicht ausreichend sind die Kalkmengen, die beispielsweise mit 30 t FM/ha als flüssiger Gärrest ausgebracht werden. Hier ist eine standortabhängige zusätzliche Kalkung erforderlich.

Mit den Gärresten werden große Mengen an organischer Substanz ausgebracht (Tabelle 3). Davon können je nach Substratart unterschiedliche große Mengen für die Humus-Reproduktion angerechnet werden. Besonders gut ist die Humusersatzleistung bei den Feststoff-Fractionen mit im Mittel 30 bis 40 kg C/t FM. Hiermit lässt sich ohne weiteres das Humusdefizit einer intensiven Maisfruchtfolge ausgleichen. Wird jedoch nur flüssiger Gärrest gedüngt, reicht dessen humusreproduzierbare C-Rückführung bei weitem nicht aus, um den C-Bedarf zu decken. In diesem Fall sind weitere Maßnahmen wie eine Strohrückführung oder ein regelmäßiger Zwischenfruchtanbau in einer Biogasfruchtfolge unerlässlich.

Tabelle 3 organische Substanz und Humusreproduktion

org. Substanz [kg C/t FM]

statistische Masszahlen	Probenart				
	Zulauf Separator	Fugat	GR fl. Lager	GR fest n. Separator	GR fest gelagert
Median	59	42	47	212	166
Minimum	27	24	31	141	117
Maximum	84	67	74	303	395

Humusreproduktion [kg C/t FM]

statistische Masszahlen	Probenart				
	Zulauf Separator	Fugat	GR fl. Lager	GR fest n. Separator	GR fest gelagert
Median	7	5	6	38	32
Minimum	3	3	4	25	17
Maximum	10	8	11	54	83

Ein besonderes Augenmerk ist auf die Stickstoff-Fractionen der verschiedenen Probenarten und deren Pflanzenverfügbarkeit zu legen (Tabelle 4). Sowohl die Gesamt-N-, als auch die löslichen

Ammoniumgehalte von Gärresten sind höher als die von Rindergülle (nur Schweinegülle hat in der Regel höhere Gesamt-N-, insbesondere Ammoniumgehalte!). Besonders hervorzuheben sind die Ammoniumanteile von etwa 60 % des Gesamt-N im Mittel bei den flüssigen Fraktionen und etwa 50 % bei den frisch separierten Feststoffproben. **Daher fallen die Feststoff-Gärreste unter die sog. „Sperrfrist“ nach DüV!**

Tabelle 4 N-Gehalte und deren Bewertung

Gesamt N [kg/t FM]

statistische Masszahlen	Probenart				
	Zulauf Separator	Fugat	GR fl. Lager	GR fest n. Separator	GR fest gelagert
Median	5,7	5,7	5,1	6,7	6,7
Minimum	3,3	4,0	3,1	4,0	4,9
Maximum	9,0	8,5	6,7	10,5	9,3

NH₄-N [kg/t FM]

statistische Masszahlen	Probenart				
	Zulauf Separator	Fugat	GR fl. Lager	GR fest n. Separator	GR fest gelagert
Median	3,1	3,6	3,2	3,4	2,0
Minimum	1,5	2,2	1,6	1,4	0,5
Maximum	6,1	5,5	4,3	5,8	3,2

Anteil Gesamt NH₄-N [% Ges. N]

statistische Masszahlen	Probenart				
	Zulauf Separator	Fugat	GR fl. Lager	GR fest n. Separator	GR fest gelagert
Median	58	62	61	50	28
Minimum	39	46	49	25	7
Maximum	69	68	67	65	57

Nach einer längeren Lagerung nehmen die Ammoniumgehalte in Folge von Ammoniakverlusten ab. Da Ammoniakverluste - in Abhängigkeit vom pH-Wert und den absoluten Ammoniumgehalten flüssiger organischer Dünger – möglichst zu vermeiden sind, ist bei frisch separierten Feststoff-Gärresten deren ebenfalls sehr hohes Verlustrisiko für Ammoniak besonders zu beachten. Dies gilt nicht nur bei einer Ausbringung im frischen Zustand - eine kurzfristige Einarbeitung nach der Ausbringung ist wegen der höheren TM-Gehalte sehr gut zu realisieren -, sondern bereitet große Probleme bei der Lagerung der Feststoffe. Um hierbei größere Verluste zu vermeiden, muss über Abdeckungsmöglichkeiten mit Stroh, Folie etc. oder eine Ansäuerung zur pH-Absenkung nachgedacht werden. Offene Lagerung bedeutet nach Untersuchungen der LfL Bayern innerhalb von 100 Tagen N-Verluste sowohl von den Außenflächen, als auch aus dem Kernbereich (Diffusion!) des gelagerten Feststoff-Materials von nahezu 80 % des ursprünglich vorhandenen Ammoniumgehaltes. Hierdurch wird die Umwelt belastet, aber auch die für ein gutes Pflanzenwachstum wertvolle lösliche N-Fraktion unwirtschaftlich reduziert. Auch im Zuge von Aufbereitungsschritten wie Trocknung, Lagerung oder Kompostierung dieses Materials gehen mehr oder weniger große Mengen an Ammonium-N verloren.

Die Phosphatgehalte der flüssigen Gärreste (Tabelle 5) bewegen sich in etwa auf dem Niveau von Rindergülle. Ebenso ist deren Löslichkeit und damit Pflanzenverfügbarkeit einzustufen. Zu beachten

sind die P-Frachten im Sinne der Nährstoffsaldierung nach der DüV sowie die vollständige Anrechenbarkeit der P-Düngung ähnlich der vergleichbarer Wirtschafts- und mineralischer P-Dünger. Die Phosphatgehalte der Feststoff-Fraktion liegen etwa 2 bis 3 mal höher als die flüssiger Dünger. Da jedoch im ersten Fall die Ausbringungsmenge auf 15 bis 20 t FM/ha und Jahr begrenzt ist, liegen die P-Frachten auf ähnlichem Niveau wie bei den flüssigen Gärresten. Die Löslichkeit schwankt je nach Separationsgrad und weiterer Behandlung bzw. Lagerung zwischen 30 % und 60 % vom Gesamt-Phosphat. Folglich ist die P-Wirkung der Feststoffe im Anwendungsjahr durchaus ausreichend und mit der von flüssigen Gärresten vergleichbar.

Tabelle 5 Phosphat-Gehalte und deren Bewertung

Gesamt P₂O₅ [kg/t FM]

statistische Masszahlen	Probenart				
	Zulauf Separator	Fugat	GR fl. Lager	GR fest n. Separator	GR fest gelagert
Median	1,9	1,9	1,6	5,2	5,3
Minimum	1,1	1,0	0,8	2,2	3,4
Maximum	4,0	3,3	2,1	12,9	11,1

Da Kali vollkommen wasserlöslich ist, differenzieren die Gehalte zwischen den flüssigen und festen Gärrestformen nur unwesentlich (Tabelle 6). Ebenso ist die Wirksamkeit einer K-Gabe gut und mit K-Düngern anderer Herkünfte vergleichbar.

Tabelle 6 weitere Hauptnährstoffe und Bewertung

Gesamt K₂O [kg/t FM]

statistische Masszahlen	Probenart				
	Zulauf Separator	Fugat	GR fl. Lager	GR fest n. Separator	GR fest gelagert
Median	6,1	6,3	5,7	6,4	5,9
Minimum	3,6	4,5	3,7	2,8	3,2
Maximum	8,7	8,4	7,1	9,0	9,7

Gesamt MgO [kg/t FM]

statistische Masszahlen	Probenart				
	Zulauf Separator	Fugat	GR fl. Lager	GR fest n. Separator	GR fest gelagert
Median	0,8	0,7	0,6	2,6	3,1
Minimum	0,5	0,3	0,3	1,0	1,4
Maximum	1,7	1,3	1,5	4,4	6,6

Gesamt S [kg/t FM]

statistische Masszahlen	Probenart				
	Zulauf Separator	Fugat	GR fl. Lager	GR fest n. Separator	GR fest gelagert
Median	0,4	0,4	0,4	0,9	1,1
Minimum	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
Maximum	0,7	0,6	0,5	2,0	1,8

Im Falle der Festdünger sollte – je nach K-Bedarf der jeweiligen Kultur bzw. Fruchtfolge – auf Basis einer Bodenuntersuchung eine mineralische K-Ergänzung in Betracht gezogen werden (insbesondere bei hohen K-Abfuhrungen mit Silomais!).

Die Mg-, aber auch S-Gehalte (Gesamt-S!) nehmen im Zuge einer Separierung zu. Die mit einer Düngung nach guter fachlicher Praxis ausgebrachten Mg- und S-Mengen reichen aus, um zumindest die jährlichen Auswaschungsverluste typischer Ackerstandorte zu ergänzen.

Schwefel wird erst nach Mineralisation und Oxidation zu Sulfat-S pflanzenverfügbar. Diese Prozesse laufen jedoch – ähnlich der N- und P-Mobilisierung – zügig ab, so dass bei einer zeitigen Frühjahrsgabe ein Teil des ausgebrachten Schwefel ertragswirksam sein wird.

Fazit

Die im Rahmen des beschriebenen Monitorings erhobenen Kenngrößen der verschiedenen Stoffströme aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen stellen eine verlässliche Datenbasis für deren Einsatz als wertvolle organisch-mineralische Düngemittel dar.

Besonders ist hervorzuheben,

- dass die pH-Werte der Feststoffe nach Separierung höher sind als die der flüssigen Gärreste,
- dass die Ammoniumanteile frisch separierter Feststoffe im Mittel bei 50 % (bei in Abhängigkeit vom Probenahmetermin großen Spannweiten) liegen,
- dass N-Verluste in Form von Ammoniak besonders im Lager, aber auch bei der Ausbringung sehr hoch sein können,
- dass, ökologisch und ökonomisch betrachtet, es zwingend erforderlich ist, im Lager für eine Abdeckung der Feststoffhaufen zu sorgen oder eine weitere Aufbereitung vorzunehmen,
- dass eine Aufbereitung mittels Trocknung der Feststoff-Fraktion alleine keine Verringerung der Ammoniakverluste bringt, sondern auch die sich daran anschließende Lagerung maßgeblich für weitere Verluste ist und
- dass die pflanzenbauliche Einordnung der Feststoff-Fraktionen bei sorgfältigem Umgang durchaus einer Düngung mit Rindergülle sehr nahe kommt.

Mit einer Düngergabe nach guter fachlicher Praxis können Kalk- und Humusverluste mit der Feststoff-Fraktion vollständig kompensiert werden.

Alle im Rahmen des Monitorings untersuchten Gärreste sind aus seuchenhygienischer Sicht im Rahmen des Untersuchungsprogrammes des LTZ (E. coli, Summenparameter Clostridien, Salmonellen) als unbedenklich einzustufen.

Die rechtlichen Vorgaben der Düng-Verordnung (DüV), der Düngemittel-Verordnung (DüMV) und der Bioabfall-Verordnung (BioAbfV) sind einzuhalten.

IMPRESSUM

Herausgeber:
Landwirtschaftliches Technologiezentrum
Augustenberg (LTZ)
Neßlerstraße 23-31
76227 Karlsruhe

Tel.: 0721 / 9468-0
Fax: 0721 / 9468-209
eMail: poststelle@ltz.bwl.de
Internet: www.ltz-augustenberg.de

Bearbeitung und Redaktion:
LTZ Augustenberg
Dr. Markus Mokry
Referat 12: SG Pflanzenernährung
Referat 22: anorganische Analytik

Auflage:
Druck:

Stand: Juni 2014