

Qualität der Laboranalytik



Nr. III – 11/2014

Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe III (Prozessbiologie, -bewertung und Analytik)
im „Biogas Forum Bayern“ von:



Katrin Fischer-Kaiser, Günter Henkelmann

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,
Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	2
2.	„Qualität“ der Laboranalytik	2
2.1.	Einflussfaktoren auf die Untersuchungsergebnisse	3
2.2.	Anspruch und Realität - Die Qualität von Laboruntersuchungen.....	4
3.	Ergebnisse aus den Ringversuchen	5
3.1.	Zuverlässigkeit der Laborergebnisse	5
3.2.	Die Qual der Methoden-Wahl	7
4.	Übersicht der Analysenparameter als Resultat aus den Ringversuchen.....	9
5.	Legende zur Übersicht der Analysenparameter.....	10
6.	Quellen und Literatur	11

1. Einleitung

Die Energieerzeugung mittels nachwachsender Rohstoffe und deren Vergärung zu Biogas spielt im Energiemix der Zukunft eine zunehmend wichtigere Rolle. Jedoch zwingt der Markt durch steigende Rohstoffpreise die Landwirte und die Betreiber von Anlagen zu besserer Auslastung, höheren Biogaserträgen und umfangreichen wirtschaftlichen Betrachtungen.

Der komplexe Prozess der Biogasproduktion wird erheblich beeinflusst von Faktoren, wie z.B. die Dosierung und Qualität der Einsatzstoffe (Substrate), die Menge an Spurenelementen im Fermenter oder auch Inhibitoren, die die Gasproduktion limitieren und im schlimmsten Fall zu einem kompletten Zusammenbruch der gesamten Mikrobiologie im Fermenter führen. Daher können insbesondere die Kenntnisse der Vorgänge im Fermenter und die Beurteilung der chemischen, biologischen und physikalischen Prozessparameter von entscheidender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit von Anlagen sein. Die Laboranalytik bietet dem Betreiber einer Biogasanlage zahlreiche Verfahren, mit denen der Prozess der Biogaserzeugung analytisch begleitet werden kann. Dabei sind zuverlässige Laborergebnisse der zu untersuchenden Prozessparameter eine wichtige Grundlage.

2. „Qualität“ der Laboranalytik

Für den Begriff Qualität gibt es in der Literatur verschiedene Definitionen. Weit verbreitet ist es, Qualität als Grad der Übereinstimmung zwischen Ansprüchen bzw. Erwartungen (Soll) an ein Produkt und dessen Eigenschaften (Ist) anzusehen. Im gleichen Sinne wird Qualität nach DIN EN ISO 8402 bezeichnet als „Die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen“. Nach dieser Definition müssen alle Laboruntersuchungen, wenn man diese auf die Untersuchung von Proben einer Biogasanlage überträgt, den Anforderungen einer aussagekräftigen und hinreichend genauen Analytik entsprechen. Jede Abweichung vom Ziel einer effizienten und stabilen Prozessführung, die von den Laboruntersuchungen nicht erkannt wird, ist somit ein Fehler im Soll-Ist-Vergleich und eine Abweichung im System. Die neue Qualitätsnorm DIN EN ISO 9000 geht nochmals einen Schritt weiter und beschreibt Qualität als „Vermögen einer Gesamtheit inhärenter (lat. innewohnend) Merkmale eines Produkts, eines Systems oder eines Prozesses zur Erfüllung von Forderungen von Kunden und anderen interessierten Parteien“. In allen Qualitätsnormen wird jedoch Wert darauf gelegt, dass jedes einzelne Merkmal, das in einem Prozess beobachtet wird (also jeder Laborparameter), den allgemeinen Qualitätsanforderungen entsprechen muss. Die Qualität beim Betrieb einer Biogasanlage ist jedoch nicht nur durch die Qualität der Laboranalyse bestimmt, sondern auch durch die Qualität und die Präzision, mit der die folgenden Vorarbeiten bis zur Laboranalyse durchgeführt werden.

- Probenahme
- Umgang mit den Proben und Lagerung der Proben vor dem Versand
- Transport zum Untersuchungslabor
- Probenvorbereitung

2.1. Einflussfaktoren auf die Untersuchungsergebnisse

Da die Qualität der Untersuchungsergebnisse nicht nur von der eigentlichen Laboranalyse bestimmt wird, sondern auch das Resultat aller vorhergehenden Verfahrensschritte ist, wirken sich die einzelnen Verfahrensschritte auf die Gesamtqualität aus. Die Qualität lässt sich daher nicht an der dargestellten Anzahl der Nachkommastellen im Labor bemessen, sondern an der Repräsentativität der Probe sowie der Genauigkeit, mit der die Proben vorher gezogen und verarbeitet werden. Dies macht Abb. 1 deutlich:

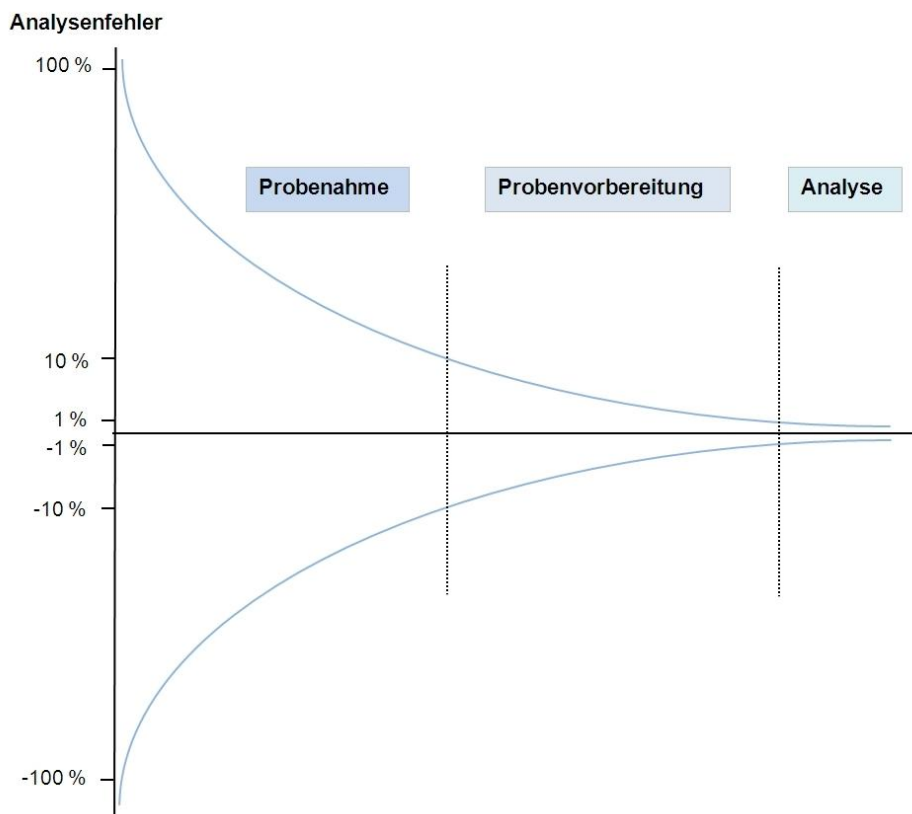


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Analysenfehler und Verfahrensschritten

Der Hauptanteil der Analysenfehler entsteht schon während der Probenahme und der anschließenden Probenvorbereitung. Nur ein geringer Teil ergibt sich während der Analyse z. B. durch Wäge- und Pipettierfehler. Die Qualität der Laboranalytik ist neben diesen Verfahrensfehlern für den Betreiber im Wesentlichen davon bestimmt, was er selbst erwartet und zu welchem Zeitpunkt und mit welchem Ziel welche Laboranalytik durchgeführt wird.

Bei Analysen im Rahmen der Fermentationsprozessüberwachung ist darauf zu achten, dass die aus dem Fermenter entnommene Probe möglichst repräsentativ das vollständige zu beprobende Material widerspiegelt. Hinweise zur Entnahme von Fermenterproben sind im *VDLUFA Methodenband VIII, Kapitel 1 Probenahme* zu finden.

2.2. Anspruch und Realität - Die Qualität von Laboruntersuchungen

Wichtig ist bei allen Laboruntersuchungen, dass die Untersuchungsfrequenz mit den Qualitätszielen des Betreibers übereinstimmt. Läuft eine Anlage im ungestörten Betrieb und die Untersuchung dient nur als Routine der Qualitätssicherung und der Selbstüberprüfung, können einfache, wöchentliche Untersuchungen (z. B. FOS/TAC, Ammoniumstickstoff,...) ausreichend sein. Sollen Ziele der Prozessoptimierung angestrebt werden, sollten komplexere Untersuchungen z.B. zu Carbonsäuren, Spurenelemente, Essigsäureäquivalent, Gasmenngen und -ausbeute usw. die Basis eventueller Betriebsänderungen sein. Im Falle von Störungen sind einige schnelle und gezielte Untersuchungen z. B. zu Hemmstoffen sowie zu den Einsatzstoffen erforderlich. Nach der Prüfung des Erfolgs von Maßnahmen sollten dann erneut Untersuchungen durchgeführt werden. Je größer eine Anlage ist und je komplexer diese betrieben wird, und je anspruchsvoller die Ziele des Betreibers sind, desto häufiger sollte eine Anlage beprobt werden, um die Effizienz des Prozesses und die Qualität einer Biogasanlage zu erhalten oder sogar zu verbessern.

Die Analyseergebnisse sind auf Grund verschiedener Faktoren mit gewissen Unsicherheiten behaftet. So ist beispielsweise nicht jedes Ergebnis mit der gleichen Sicherheit wiederholbar (sowohl innerhalb eines Labors als auch im Vergleich von Labor zu Labor). Außerdem hat jede Methode ihre eigene Nachweis- und Bestimmungsgrenze, von der es abhängt, wie klein die Konzentration des Analyten sein kann, damit er noch nachgewiesen werden kann. Vor allem, wenn bei bestimmten Fragestellungen sehr geringe Konzentrationen von Interesse sind (z.B. Spurennährstoffe oder auch Valeriansäure als Indikator für Hemmungen), ist genau darauf zu achten, ob das beauftragte Labor im relevanten Konzentrationsbereich zuverlässige Ergebnisse liefern kann. Dazu kommt, dass es für viele der zur Beurteilung des Fermentationsprozesses relevanten Messgrößen keine allgemein anerkannten Methoden oder DIN-Normen gibt. Somit sind Laborwerte nur bedingt vergleichbar, was deren Wert für Betreiber und Berater deutlich einschränkt.

Daher werden im Rahmen eines Projekts zur *Entwicklung und Umsetzung eines Qualitätsmanagement-Systems für die Biogasproduktion in Bayern* in der Abteilung für Qualitätssicherung und Untersuchungswesen (AQU) an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) seit 2009 Ringversuche durchgeführt, die die Vergleichbarkeit der Laboruntersuchungen verbessern sollen. Dabei wird homogenisiertes Probenmaterial wie z.B. Fermenterinhalt oder auch Gärrest an die am Ringversuch teilnehmenden Labordienstleister verschickt. Die Analyseergebnisse einer großen Auswahl an Untersuchungsparametern werden dann miteinander verglichen.

Durch die unabhängigen Ringversuche besteht für die Labordienstleister die Möglichkeit, ihre Labor-interne Analysenqualität mittels der regelmäßigen Selbstkontrolle kontinuierlich zu steigern und damit auch die Transparenz der Analysenwerte zu verbessern. Gleichzeitig profitieren Anlagenbetreiber und auch Berater von einer verbesserten Vergleichbarkeit und Bewertungsmöglichkeit der Analyseergebnisse.

In folgender Veröffentlichung werden die wichtigsten Untersuchungsparameter im Fermenterinhalt einer Biogasanlage, die sogenannten Schlüsselparameter, hinsichtlich ihrer Laboranalytik erläutert („Schlüsselparameter zur Kontrolle des Gärprozesses – Laboranalytik“,

http://biogas-forum-bayern.de/publikationen/Schlusselparameter_zu_Kontrolle_des_Garprozesses_Laboranalytik_2012.pdf).

Mit der zukünftigen Vereinheitlichung von geeigneten Analysemethoden und Vorgehensweisen im Labor verfolgen die Ringversuche ein weiteres Ziel, das sich sowohl für Labordienstleister als auch für Anlagenbetreiber nur positiv auswirken kann.

Sämtliche folgenden Darstellungen und Erkenntnisse beziehen sich auf die Ergebnisse aus den LfL-Biogas-Ringversuchen der Jahre 2009 bis 2013 und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

3. Ergebnisse aus den Ringversuchen

Die Labordienstleister, die an den LfL-Biogas-Ringversuchen teilnehmen, untersuchen diverse Parameter in homogenisierten Proben und schicken die Ergebniswerte an die Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen der LfL zurück. In einem vom Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) zur Auswertung von Ringversuchen validierten Verfahren werden je Analyseparameter ein Mittelwert und die dazugehörige Vergleichsstandardabweichung (Vgl.-STABW) ermittelt. Die Vgl.-STABW gibt die Varianz bzw. Streubreite der Ergebniswerte der verschiedenen Labore an. Damit können Aussagen über die Zuverlässigkeit und Aussagekraft der Ergebnisse getroffen werden.

3.1. Zuverlässigkeit der Laborergebnisse

Im Verlauf der Ringversuche hat sich herausgestellt, dass es Parameter gibt, deren Laborergebnis als sehr zuverlässig eingestuft werden kann. Hier sind z.B. die Trockenmasse (TM) oder auch die organische Trockenmasse (oTM) zu nennen. Zu hohe Trockenmassegehalte im Fermenterinhalt können zu Problemen beim Pump- und Rührverhalten führen. Sehr niedrige Gehalte weisen darauf hin, dass sich relativ viel Wasser im Fermenter befindet, welches nicht zur Gasausbeute beiträgt und damit das Ertragspotential reduziert. Daher ist eine regelmäßige Überprüfung sinnvoll. Die Trockenmasse wird im Labor gravimetrisch durch Trocknen der Probe im Trockenschrank bei etwa 100 °C bestimmt. In den LfL-Biogas-Ringversuchen wurde beim TM-Gehalt eine mittlere relative Vgl.-STABW von 2,1 % ermittelt, was die Zuverlässigkeit der Analysen bestätigt. Die Laboranalysen zur TM-Bestimmung sind zwar preiswert, dennoch kann die TM vom geschulten Betreiber auch direkt an der Anlage mit einfachen Mitteln bestimmt werden.

Sehr zuverlässig mit einer durchschnittlichen relativen Vgl.-STABW von 3,0 % wird auch die organische Trockenmasse (oTM) gravimetrisch ermittelt. Bei entsprechender Ausstattung mit einem Muffelofen kann die oTM auch direkt vom geschulten Betreiber bestimmt werden und ermöglicht damit umgehende Aussagen z.B. zur Dosierung der Faulraumbelastung.

Besonders zeitnahe Untersuchungen sind zur Abschätzung des für die Fermenter-Biozönose toxischen Ammoniakgehalts erforderlich, um dessen Konzentration nicht zu unterschätzen. Da diese nicht direkt im Fermenter gemessen werden kann, wird sie unter Einbezug von pH-Wert und Temperatur über den Gehalt an Ammoniumstickstoff ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) ermittelt. Im Handel

werden Schnelltests angeboten, die von geschulten Betreibern selbst durchgeführt werden können. Diese Methode wird auch im Labor gut und gerne verwendet. Im Laufe der Ringversuche sind von 227 Laborergebnissen 47 Ammoniumstickstoff-Ergebnisse mit photometrischen Schnelltests entstanden, knapp die Hälfte (n=112) mit Destillation und Titration und 27 mittels Elektrode. Zum Einsatz kamen auch andere Methoden, die nur von wenigen Laboren angewandt wurden bzw. ohne genaue Angaben waren. Die mittleren absoluten Z_u -Scores von 0,96 bei den Schnelltests bzw. 0,91 bei Destillation/Titration und 0,92 bei Elektrode liegen unter 1 und sprechen damit für eine gute Genauigkeit der Methoden.

Der Z_u -Score ist eine Maßzahl zur Einschätzung der Ergebnisse und Bewertung der Labore und ist als

$$Z_u = \frac{\text{Labormittelwert} - \text{Mittelwert}}{\text{Vergleichsstandardabweichung}} \cdot f \text{ (Faktor)}$$

definiert, wobei im Faktor f tabellierte, asymmetrische Toleranzkoeffizienten enthalten sind. (DIN 38402-45: 2003-09, 10.5) .Absolute Z_u -Scores > 2 weisen auf Ergebnisse außerhalb der Toleranzgrenzen hin.

Bei Betrachtung der mittleren relativen Vgl.-STABW aller 227 Ammoniumstickstoff-Ergebnisse von 13,2 % fällt auf, dass bei der Wahl der Methode Handlungsbedarf besteht, um die Zuverlässigkeit der Werte zu verbessern.

Ein sehr wichtiger Schlüsselparameter für den Biogasprozess ist der FOS/TAC-Wert. Dieser gibt das Verhältnis des Gehalts an flüchtigen Carbonsäuren (FOS) zur Pufferkapazität des Carbonatpuffers (TAC) an. Eine regelmäßige Überprüfung des FOS/TAC-Werts ermöglicht es, Änderungen in der biochemischen Zusammensetzung im Fermenter frühzeitig zu erkennen und Gegenmaßnahmen einzuleiten. Da die durchschnittliche relative Vgl.-STABW bei den Titrationen zur FOS-Analyse allerdings nur mittelmäßige Zuverlässigkeit bei einer mäßigen Genauigkeit bietet (FOS: Z_u -Score 1,9), sollte der FOS/TAC-Wert zur anlagenindividuellen Prozessüberwachung weniger als absoluter Wert betrachtet, sondern eher in seinem Verlauf bei regelmäßiger Bestimmung beobachtet werden. Ein Laborwechsel ist dabei möglichst zu vermeiden, um die Tendenzen lückenlos verfolgen zu können.

Ähnlich schwierig wie bei der Analyse der FOS ist auch die Zuverlässigkeit der Analytik einzelner Carbonsäuren wie z.B. Essigsäure oder Propionsäure. Die einzelnen Carbonsäuren sind enorm wichtig für die Beurteilung des Zustands der Prozessbiologie. Steigende Werte können z. B. ein Indiz für eine Prozesshemmung oder eine „Überfütterung“ sein.

In Abb. 2 sind am Beispiel der Essigsäure-Werte in Fermenterinhalt im Ringversuch 4 die einzelnen Werte der Labore aufgetragen. Dabei ist zu erkennen, dass die Differenz zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Wert mit mehr als 1.500 mg/L sehr hoch ist.

Probe:	flüssiger Fermenterinhalt	Mittelwert:	687,194 mg/l
Merkmal:	FFS Essigsäure	Rel. Vergleich-Stdabw. (VR):	17,95%
Methode:	DIN 38402 A45	Rel. Soll-Stdabw.:	5,98% (Horwitzfunktion)
Anzahl Labore:	41	Toleranzbereich:	605,608 - 773,711 mg/l (Zu-Score <= 2,04)

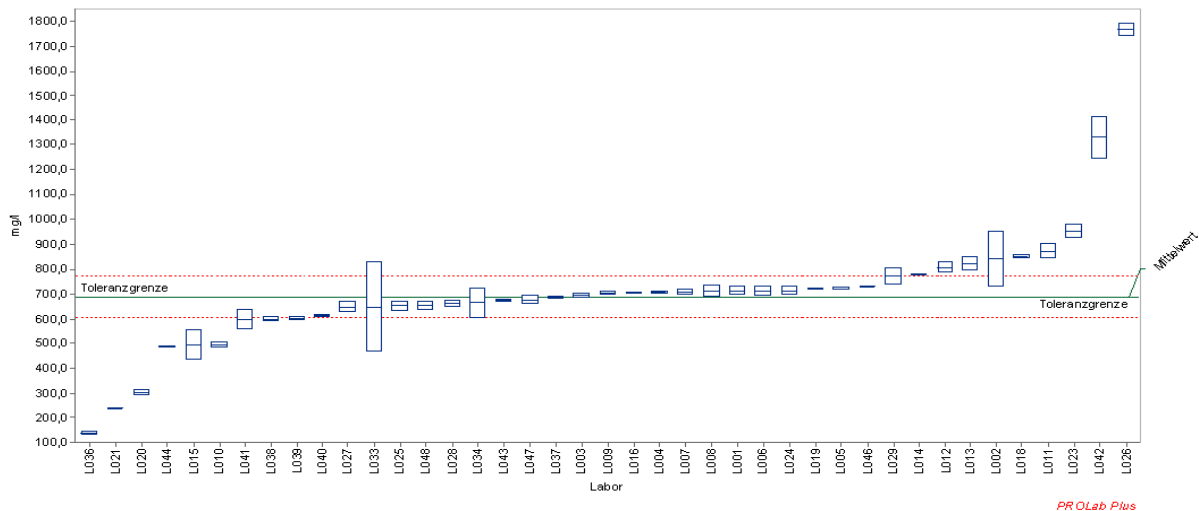


Abb. 2: Essigsäure in Fermenterinhalt, Ringversuch 4

Sendet ein Anlagenbetreiber eine Fermenterinhaltprobe an ein Labor mit sehr niedrigen Essigsäure-Werten, wird er möglicherweise nach Erhalt der Ergebnisse anders reagieren, als wenn er dieselbe Probe an das Labor geschickt hätte, das den höchsten Wert ermittelt hatte. Obwohl es sich um die gleiche Probe handelte, führten die verschiedenen Vorgehensweisen im Labor bzgl. Probenvorbereitung und Analysenmethode zu unterschiedlichen Laborergebnissen und Aussagen über den Fermenterstatus. Dies kann zu Fehleinschätzungen und falschen Maßnahmen führen.

Für die Analytik der Carbonsäuren in Fermenterinhalt lag die durchschnittliche relative Vgl.-STABW mit 29,3 % in einem Bereich mit dringendem Handlungsbedarf.

3.2. Die Qual der Methoden-Wahl

Die Ursachen für die hohe Streuung der Carbonsäurenwerte sind mit großer Wahrscheinlichkeit bei den unterschiedlichen Vorgehensweisen der Laboratorien zu suchen. Eine genauere Betrachtung der Labor-Angaben zu den Analysenmethoden hat gezeigt, dass für die Bestimmung der Essigsäure-Gehalte in Fermenterinhalt von den an den bisherigen Ringversuchen teilnehmenden Laboratorien mehr als vier verschiedene Methoden eingesetzt wurden. Die durchschnittlichen Z_u -Scores zwischen 1,44 und 1,68 waren sehr hoch und bedeuten eine mäßige Genauigkeit der Analysemethoden.

Auch beim Essigsäure-Äquivalent ließ die Genauigkeit der Analysemethoden sehr zu wünschen übrig. Die durchschnittliche relative Vgl.-STABW von 33,2 % ist für zuverlässige Aussagen über die Summe der flüchtigen Carbonsäuren ungenügend. Abb. 3 zeigt die mittleren absoluten Zu-Scores von 1,64 bis 3,11 der in den Ringversuchen 1 bis 7 eingesetzten Methoden.

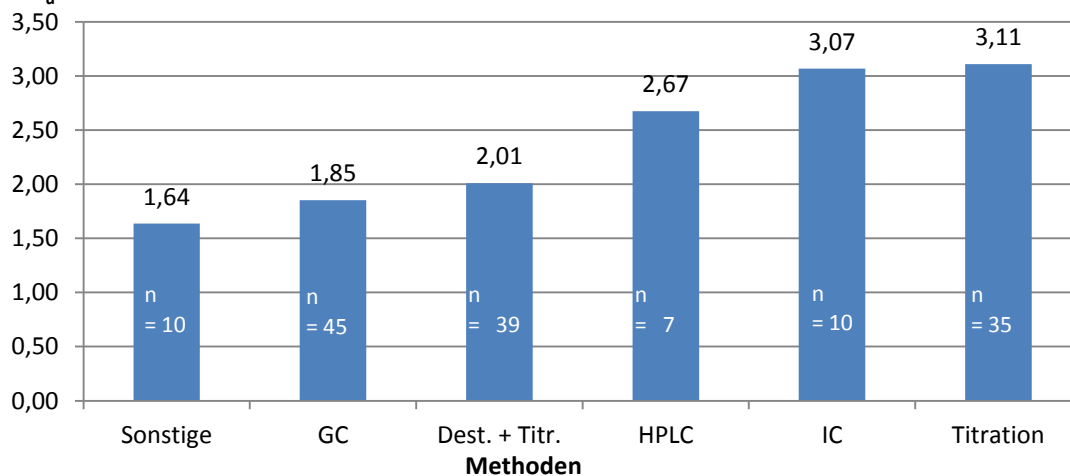
**Mittlerer absoluter
Z_u-Score**


Abb. 3: Durchschnittliche Z_u-Scores der Methoden zur Essigsäure-Äquivalent-Bestimmung in den Ringversuchen der Jahre 2009 bis 2013

































Die Bandbreite reicht von Titration und Ionenchromatographie (IC) über Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) zu Destillation und Titration oder Gaschromatographie (GC). Unter sonstige Methoden sind noch vereinzelte Laborergebnisse zu nennen, die mit Photometer oder NIRS (Nahinfrarotspektroskopie) ermittelt wurden bzw. zu denen es keine Methodenangaben gibt.

Ein Bereich, bei dem die Betreiber einer Biogasanlage ein besonderes Augenmerk auf die Laborergebnisse haben sollten, ist die Analyse der Spurenelementgehalte. Dies erfolgt mit sehr aufwändiger Labormethode. Überwiegend werden dafür die Atomabsorption (AAS) oder ein inductively coupled plasma (ICP) eingesetzt. Auch wenn diese beide Methoden in den Ringversuchen sehr genaue Laborwerte lieferten mit absoluten Z_u-Scores < 1, so ist dennoch die Zuverlässigkeit zumindest für einzelne Elemente kritisch zu sehen aufgrund der teilweise sehr hohen durchschnittlichen relativen Vgl.-STABW (z.B. 70 % bei Selen, 20% bei Nickel). Deshalb sollte man bei der Bewertung der Laborergebnisse darauf achten, welche Bestimmungsgrenzen für den entsprechenden Konzentrationsbereich zugrunde liegen. Bei Elementen, die in höheren Konzentrationen im Fermenterinhalt vorkommen, wie z.B. Natrium, ist eine Analyse mit optischer Emissionsspektrometrie (ICP-OES) zwar ausreichend genau. Bei den essentiellen Spurenelementen wie z.B. Cadmium, Kobalt, Nickel, Selen oder Zink würde die massenspektrometrische Analyseverfahren (ICP-MS) viel sensiblere Werte liefern. Dies ist besonders wichtig, da viele Spurenelemente im Falle einer Überdosierung toxisch wirken können. Bei der Methodenangabe ICP ist also weiter zu differenzieren und gegebenenfalls beim Labor nach detaillierteren Angaben zur Methode zu fragen.

4. Übersicht der Analysenparameter als Resultat aus den Ringversuchen




Eine genauere Betrachtung der Methoden und die Weiterführung der LfL-Biogas-Ringversuche tragen dazu bei, in Zukunft vereinheitlichte Vorgehensweisen im Bereich der Biogasanalytik zu etablieren, um die Nutzbarkeit der Ergebnisse für den Anlagenbetreiber zu verbessern.

In der folgenden Übersicht werden die Analysenparameter hinsichtlich Vergleichbarkeit, Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse aus den Ringversuchen dargestellt. Außerdem gibt es Empfehlungen zu Durchführungshäufigkeit und Angaben zu Analysekosten.



Parameter	Methode	Häufigkeit der Analyse	Kosten der Analyse	Ort der Analyse	Vergleichbarkeit der Analysen
Trockenmasse (TM)	Gravimetrie				
Organische Trockenmasse (oTM)	Gravimetrie				
Ammoniumstickstoff (NH₄⁺-N)	Photometer Destillation + Titration Elektrode				
FOS/TAC-Verhältnis	Titration				
Essigsäure-äquivalent	GC, IC Dest. + Titr. HPLC Titration				
Flüchtige Carbon-säuren	Chromato-graphisch (z.B. GC, HPLC, IC)				
Mineralstoffe (Na, K, Ca, Mg)	ICP-OES				
Spurenelemente Schwermetalle (Cd, Co, Cu, Ni, Se, Zn)	AAS ICP-OES ICP-MS				

5. Legende zur Übersicht der Analysenparameter

Qualität einer Analyse

	Analyse, die den Anforderungen an Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Reproduzierbarkeit voll entspricht
	Analysenmethode mit befriedigenden Ergebnissen hinsichtlich Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Reproduzierbarkeit
	Analyse, deren Werte im Einzelfall genauer betrachtet werden müssen in puncto Nachweis- und Bestimmungsgrenzen. Auch kann es bei diesen Methoden zu starken Schwankungen im Analyseergebnis kommen, wenn unterschiedliche Methoden eingesetzt werden. Zur besseren Vergleichbarkeit sollte man möglichst beim gewohnten Labordienstleister bleiben.







Durchführungsort einer Analyse

	Analysen, die mit geringem Aufwand und nach kurzer „Anlernzeit“ vor Ort durch den Betreiber durchgeführt werden können
	Analysen, die fachlich und/oder gerätetechnisch so aufwändig sind, dass sie in einem qualifizierten Labor durchgeführt werden müssen

Kosten einer Analyse

	unteres Preissegment (< 20,- €, Stand 2013)
	mittleres Preissegment (> 20,- € < 75,- € Stand 2013)
	höheres Preissegment (> 75,- €, Stand 2013)

Häufigkeit einer Analyse

	Analysen, die regelmäßig durchgeführt werden sollten, da sie bei der Überwachung und Kontrolle eine Schlüsselfunktion darstellen. Die Kenntnis dieser Analyseergebnisse ist wichtig, um den Regelbetrieb zu kennen und beschreiben zu können. Somit lassen sich Veränderungen sofort feststellen und einordnen. (regelmäßig kann hier sowohl eine permanente Online-Überwachung des pH-Werts als z.B. auch eine vierteljährliche Bestimmung des Essigsäureäquivalents bedeuten)
	Analysen, die im Routinebetrieb oft durchgeführt werden, um gängige Fragestellungen zu klären
	Analysen, die gelegentlich eingesetzt werden, um bestimmte Fragestellungen zu klären.
	Analysen, die nur bei besonderen Fragestellungen benötigt werden.
	Analysen, die hinzugezogen werden können, um Ursachen für Hemmungen zu klären.
	In diesem Fall ist eine fachlich kompetente Beratung mit einer eingehenden Betrachtung der Analyseergebnisse besonders empfohlen.

6. Quellen und Literatur

- [1] **FISCHER-KAISER K.; HENKELMANN, G. (2014):** Qualität von Laboranalytik im Bereich der Biogasproduktion. Vortrag zur Fachtagung Prozessmesstechnik an Biogasanlagen am 25. / 26.03.2014 in Leipzig,
http://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/user_upload/Veranstaltungen/Tagungen/PMT_2014/1A1_Fischer-Kaiser_LfL.pdf
- [2] **HENKELMANN, G.; MEYER ZU KÖCKER, K.; GRONAUER, A.; EFFENBERGER, M.; HEUWINKEL, H.; LEBUHN, M. UND KOCH, K. (2012):** Schlüsselparameter zur Kontrolle des Gärprozesses – Laboranalytik. In: Biogas Forum Bayern Nr. III - 6/2012, Hrsg. ALB Bayern e.V. S. 1-12.
http://biogas-forum-bayern.de/publikationen/Schlusselfparameter_zu_Kontrolle_des_Garprozesses_Laboranalytik_2012.pdf
- [3] **FISCHER K.; HENKELMANN, G. (2013):** Analysequalität von Steuerungsparametern im Biogasprozess. Poster zur 22. BIOGAS Jahrestagung und Fachmesse vom 29.- 31.01.2013 in Leipzig
- [4] **HENKELMANN, G.; FISCHER, K.; GAUL, T. (2013):** Noch kleine Unterschiede. In: Joule Heft 4 / 2013, S. 42-44
- [5] **DIN 38402-45:2003-09:** Allgemeine Angaben (Gruppe A), Teil 45: Ringversuche zur Qualitätskontrolle von Laboratorien (A45)

Zitiervorschlag:

Fischer-Kaiser K., G. Henkelmann. (2014): Qualität der Laboranalytik. In: Biogas Forum Bayern III – 10/2014, Hrsg. ALB Bayern e.V., http://biogas-forum-bayern.de/publikationen/Qualitaet_der_Laboranalytik_2014.pdf, Stand [Abrufdatum].

Das „Biogas Forum Bayern“ ist eine Informationsplattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern.

Arbeitsgruppe III (Prozessbiologie, -bewertung und Analytik)

hier erarbeiten Experten Publikationen zu folgenden Themen:

- Substratbewertung
- Mikrobiologie und Chemie
- Analytik
- Prozesskontrolle
- Restgaspotenziale

Mitglieder der Arbeitsgruppe

- **atres GROUP**
- **Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz**
- **Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie**
- **Biogasanlagenbetreiber**
- **Fachverband Biogas e.V.**
- **f10 Forschungszentrum für Erneuerbare Energien**
- **Landesanstalt für Landwirtschaft**
 - Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 - Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
 - Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen
- **renergie Allgäu e.V.**
- **Technische Universität München**
Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft
- **Wessling Laboratorien**



Herausgeber:

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik
und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.
Vöttinger Straße 36
85354 Freising
Telefon: 08161/71-3460
Telefax: 08161/71-5307
Internet: <http://www.biogas-forum-bayern.de>
E-Mail: info@biogas-forum-bayern.de