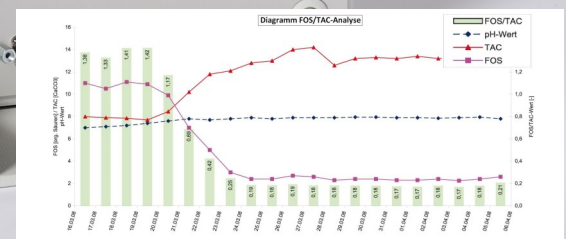
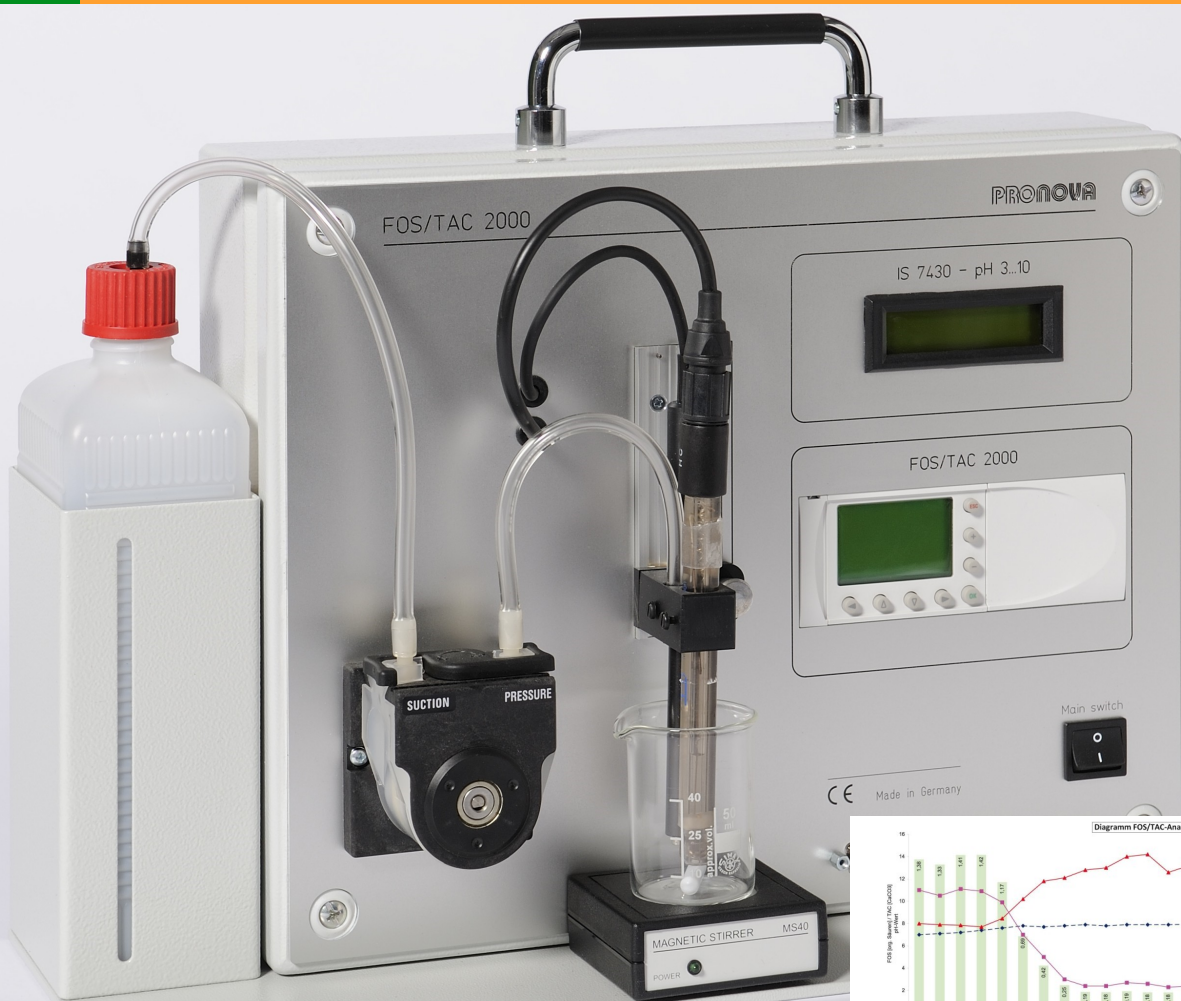


Symptome, Ursachen und Lösungsansätze Prozessbiologische Störungen in NawaRo- und Gülleanlagen



www.biogas-forum-bayern.de/bif25

Biogas Forum Bayern, Verfasser:

Daniel Preißler
Osiris Gesellschaft für
Bioenergie mbH

Dr. Jürgen Beck
BIOVoltaik GmbH

Dr. Konrad Koch
TUM, Lehrstuhl für
Siedlungswasserwirtschaft

Dr. Michael Lebuhn
Dr. Vasilis Dandikas
Bernhard Munk
Bayerische Landesanstalt
für Landwirtschaft

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Symptom - Säureanreicherung.....	5
2. Symptom - Dauerhaft hohe Propionsäurekonzentration.....	7
3. Symptom - Hoher/steigernder FOS/TAC-Wert.....	7
4. Symptom - Niedriger pH-Wert.....	7
5. Symptom - Zu hoher pH-Wert	7
6. Symptom - Geringe/Sinkende Gas-/Methanausbeute	7
7. Symptom - Geringe/Sinkende Methangehalte	8
8. Symptom - Schwimmschichtbildung / Entmischung im Fermenter	9
9. Symptom - Steigende Viskosität / verminderte Durchmischbarkeit des Fermenters	9
10. Symptom - Hoher H ₂ S-Gehalt des Biogases	9
11. Symptom - Schaumbildung	10
Abkürzungsverzeichnis	11

Allgemein sollte eine Biogasanlage als ein hochleistendes biologisches System betrachtet werden, für das alles unternommen wird, um den für die Methanbildung verantwortlichen Mikroorganismen durch Substratzusammensetzung und Haltungsumwelt möglichst optimale Bedingungen für ihre Vermehrung und Aktivität zu bieten. Prozessstörungen sind somit ernstzunehmende Bedrohungen für die Funktion und Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen.

Generell sollte bei Prozessstörungen umgehend fachkundiger Rat eingeholt werden, da nur eine möglichst schnelle Rückkehr zum Regelbetrieb erhebliche finanzielle Einbußen vermeiden hilft! Diese Auflistung kann einen solchen fachkundigen Rat nicht ersetzen, soll jedoch dem Betreiber/der Betreiberin einer Biogasanlage das rechtzeitige Erkennen prozessbiologischer Störungen erleichtern.

Für Informationen zur Prozessanalytik beachten Sie die Fachinformationen

- Motivation, Voraussetzungen und Methoden für die Prozessüberwachung (https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/Prozessbiologie/nachhaltig-erneuerbar-energie_MotivationProzessuberwachung.html) sowie
- Schlüsselparameter zur Kontrolle des Gärprozesses Teil 1: Physikalische und chemische Untersuchungen (www.biogas-forum-bayern.de/bif17) und Teil 2: Mikro- und Molekularbiologie (www.biogas-forum-bayern.de/bif22).

Die Angaben in der vorliegenden Fachinformation beziehen sich auf den Regelbetrieb, nicht auf die Inbetriebnahme von Biogasanlagen.

Empfehlungen zur Inbetriebnahme finden Sie in der Fachinformation „Hinweise zum (Wieder)Anfahren von Biogasanlagen“ (https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/Prozessbiologie/nachhaltig-erneuerbar-energie_HinweiseWiederanfahren.html).

Außerdem beziehen sich die Ausführungen nur auf einphasige Gärverfahren – d.h. ohne Hydrolysestufe – mit Einsatz von Nachwachsenden Rohstoffen und/oder tierischen Wirtschaftsdüngern.

Handlungsempfehlungen können nur einzelfallspezifisch erfolgen. Oftmals sind mehrere Handlungsempfehlungen in Kombination sinnvoll/notwendig.

Auf eine regelmäßige Kontrolle und/oder Kalibrierung der Messtechnik ist zu achten.

Im Übrigen hat die Auflistung keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Säureanreicherung (Essig-, Propion- Buttersäure, iso-Formen von Butter-/ Valeriansäure)	<i>Mikronährstoffmangel</i>	Überprüfung der Mikronährstoffversorgung in einem geeigneten Labor und gegebenenfalls bedarfsgerechter Ausgleich.
	<i>Ammoniakhemmung</i> Zunahme der NH ₃ -Konzentration im Gärgemisch durch steigenden pH-Wert und erhöhte Temperatur des Gärgemisches.	Anteil eiweiß-/N-reicher Substrate wie Geflügelkot, Getreide, evtl. Gras in der Ration reduzieren (Erweiterung C/N-Verhältnis). Zugabe von Stickstoffbindern, Wasser-/Güllezugabe ⇒ Verdünnung. Prozesstemperatur reduzieren (<45°C).
	<i>Temperatur</i> Temperaturschwankung	Regelmäßige Kontrolle der Heizeinrichtungen (auch Temperaturmesstechnik). Ungewollte Temperaturschwankungen sind zu vermeiden (insbesondere bei thermophilem Betrieb)! Ein Temperaturabfall durch große Mengen kalter Substrate ist zu vermeiden. Einer Erwärmung über 55°C (thermophile Prozessführung) sollte entgegengewirkt werden (Rezirkulation, aktive Kühlung). Achtung – bei thermophiler Betriebsweise treten Prozessstörungen schneller und oft in stärkerer Ausprägung auf! Bei abrupten Änderungen der Gärgemischtemperatur können erhebliche Prozessstörungen auftreten!
	<i>Hemmstoffe</i> (Desinfektionsmittel, Pilzgifte, Kupfer, etc.)	Quelle (Gülle/Fremdgülle, Silagen, ungeeignete Substrate) finden und abstellen. Ggf. Umstellung der in der Tierhaltung verwendeten Medikamente und/oder Reinigungsmittel. In schweren Fällen Entleerung des Fermenters bzw. Verdünnung des Gärgemisches erforderlich.
	<i>Schnelle Substratwechsel</i>	Bei Substratwechseln erfolgt oft nur eine zögerliche Anpassung der Fermenterbiologie an die eingesetzten Substrate. Ein Substratwechsel sollte daher nur allmählich erfolgen (max. 10 % des Gesamtinputs pro Tag). Eingeschränkt gilt dies auch beim Wechsel von Silo zu Silo bei scheinbar identischen Substraten z.B. Mais (stark unterschiedliche Silagequalität, Spurenelementgehalte).
	<i>Aufrühren von Schwimm- und Sinkschicht</i>	Durch das Aufrühren von Sink- und Schwimmschichten können im Fermenter erhebliche Mengen an bisher nicht umgesetzter Biomasse schlagartig für den Abbau zugänglich gemacht werden („im Fermenter eingelagerte Substrate“). Dies kann zu extrem starker und schneller Säurebildung bis hin zu einem Prozessabsturz führen. Ziel: Schwimmschicht frühzeitig einrühren; bei problematischen Substraten, wie Getreide und Körnermais, Sinkschichtbildung durch angepasste Rührstrategien vorbeugen.
	<i>Überdosierung schnell abbaubarer Substrate (z.B. Zuckerrübe)</i>	Anteil der schnell abbaubaren Substrate zurückfahren. Nach der Prozessstabilisierung erneutes, behutsames Wiederauffahren.

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Säureanreicherung (Essig-, Propion- Buttersäure, iso-Formen von Butter-/ Valeriansäure)	<i>Einbringen von Silagesickersaft</i>	Durch Sickersaft können erhebliche Prozessstörungen auftreten. Es empfiehlt sich, zunächst nur geringe Mengen in den Fermenter einzubringen, um eventuelle Hemmwirkungen frühzeitig zu erkennen. Alternativ kann die Zugabe des Sickersaftes in den Nachgärer erfolgen, da die im Sickersaft enthaltenen Säuren und sonstigen organischen Bestandteile schnell zu Biogas umgesetzt werden können. Durch Sickersaft wird die Säureanreicherung bei bereits gehemmten Biogasanlagen besonders gesteigert (z.B. bei Mangel an Mikronährstoffen oder an adaptierten Methanbildnern).
	<i>Stoßfütterung</i> (zu langes Fütterungsintervall)	Insbesondere bei hohen Faulraumbelastungen ist auf eine gleich-mäßige Verteilung der Substratzufuhr zu achten. Stoßbelastungen bei täglich nur einmaliger Fütterung führen oft zu starkem Säureanstieg, der im Tagesverlauf nicht wieder vollständig abgebaut werden kann und somit zu einer Anreicherung der Säuren und einer daraus resultierenden Hemmung führt. Ziel: 8 bis 24 gleichmäßig über den Tag verteilte Substratzugaben mit identischer Mischung.
	<i>Zu hohe Schwefelkonzentration im Gärgemisch</i>	Hohe Schwefelkonzentrationen in Form von frei vorliegendem H ₂ S können auf die Fermenterbiologie direkt hemmend wirken oder durch Bildung von schwer löslichen Metallsulfiden die Mikronährstoffversorgung der Fermenterbiologie stark beeinträchtigen. Ursächlich für hohe Schwefelgehalte können sein: <ul style="list-style-type: none"> – schwefelreiche Gülle (z.B. bei Verfütterung von Rapspresskuchen, Geflügelhaltung) – schwefelreiche Substrate wie Kreuzblütler (Raps, etc.) Eine biologische Entschwefelung durch Einblasen von Luft in den Gasraum bringt nur temporär Abhilfe, da hierdurch der Schwefel nicht im Gärgemisch gebunden werden kann. Diesem Problem entgeht die externe Entschwefelung (siehe: https://www.biogasforum-bayern.de/De/Fachinformationen/Prozessbiologie/nachhaltig-erneuerbar-energie_Entschwefelung.html). In der Praxis üblich ist der Einsatz von Eisensalzen zur Schwefelbindung im Fermenter: Eisenchloride (Achtung – stark korrosiv, Anwenderschutz und Anlagenherstellerefreigabe beachten!) und Eisenhydroxid (Körnung beachten!) sind gleichermaßen geeignet. Ungeeignet sind Eisensulfate. Generell ist auf Einhaltung der Düngemittelverordnung zu achten; gegebenenfalls ist Rücksprache mit der zuständigen Behörde zu halten.
	<i>Zu hohe Prozessbelastung – „Überfütterung“</i> (eine dauerhaft hohe Propionsäurekonzentration ist nicht die Ursache, sondern die Folge einer Prozessstörung, z.B. durch Überfütterung)	Überschreitung der fermenter-individuellen Leistungsfähigkeit der Gärbiologie (insbesondere der Methanbildner). Oftmals reicht eine geringe Reduktion der täglichen Substratzugabe. Ursache kann sowohl eine erhöhte Faulraumbelastung durch höhere TM-Gehalte der

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Säureanreicherung (Essig-, Propion- Buttersäure, iso-Formen von Butter-/ Valeriansäure)		zugeführten Substrate als auch eine insgesamt überhöhte Biomassezufuhr sein. Oftmals treten diese Probleme nach einer gezielten Steigerung der Anlagenleistung auf. Ursache hierfür kann auch ein reduziertes aktives Reaktorvolumen als Folge eines großen Sedimentkörpers sein, oder die Konzentration an Archaeen wurde durch Ausschwemmung dezimiert. Siehe auch zuvor genannte mögliche Ursachen.
Dauerhaft hohe Propionsäurekonzentration	Nach einer Prozessstörung bleibt die Propionsäurekonzentration oftmals weiterhin auf einem hohen Niveau (u.U. >4.000 mg/l), obwohl die eigentliche Ursache der Prozessstörung längst behoben wurde.	Hier hilft oftmals eine Verdünnung des Hauptfermenterinhalt durch Zugabe von Wasser oder die Rezirkulation von Gärgemisch aus dem Nachgärer oder Lagerbehälter. Wird bei ansonsten stabiler Gasbildung eine Propionsäurekonzentration von ca. 4.000 mg/l unterschritten, tritt meist ein schneller Abbau ein.
Hoher/steigender FOS/TAC-Wert	<i>Gehemmter Säureabbau</i>	Siehe Säureanreicherung.
	<i>Geringe Pufferkapazität/ Kalkreserve</i>	Reduktion der Wasserzugabe, Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes im Fermenter. Zugabe von puffernden Substanzen: Zugabe eiweißreicher Substrate (kontinuierlich als Bestandteil der Fütterung), ggf. auch von Kalk, Harnstoff, Natronlauge.
	<i>Gesteigerte Raumbelastung sowie zuvor bei Säureanreicherung genannte Ursachen</i>	Siehe Säureanreicherung.
Niedriger pH-Wert	<i>Gehemmter Säureabbau</i>	Siehe Säureanreicherung.
	<i>Geringe Pufferkapazität/ Kalkreserve</i>	Siehe hoher/steigender FOS/TAC-Wert. Anhebung des pH-Wertes nach einer Prozessstörung nur mit Branntkalk, gelöschtem Kalk, Natronlauge (Anwenderschutz beachten!) oder durch Rezirkulation (sofern Nachgärer stabil) möglich.
Zu hoher pH-Wert	<i>Zu hohe Konzentration alkalischer Substanzen</i>	Verdünnung durch Wasserzugabe, Zugabe alkalischer Substanzen reduzieren (Eiweiß-/N-reiche Substrate wie Getreide und Geflügelkot), kalkhaltige Substrate reduzieren.
Geringe/Sinkende Gas-/Methan ausbeute	<i>Gehemmter Säureabbau</i>	Siehe Säureanreicherung.
	<i>Schwankung der Substratqualität</i>	Kontrolle der zugeführten Substrate: Anpassung der Substratzugabe basierend auf organischem Trockenmassegehalt, Substratart und Substratqualität (z.B. geringerer Methanertrag bei verholztem Gras, nacherwärmter Silage, nasser Silage (Regen!), verpilzter Silage, z.B. durch Maisbeulenbrand (siehe: https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/Prozessbiologie/nachhaltig-erneuerbar-energie_Handlungsempfehlungen-verpilzterEinsatzstoffe.html)
	<i>Zu hoher pH-Wert</i>	Siehe zu hoher pH-Wert (Symptom).
	<i>Fehlerhafte Wiegetechnik</i>	Kontrolle der installierten Wiegetechnik

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Geringe/Sinkende Gas-/Methanausbeute	<i>Unzureichende Durchmischung des Fermenters</i> – Substrate werden in Schwimm- und Sink-schichten „eingelagert“	Überprüfung der Fermenterdurchmischung, gegebenenfalls Rührwerkseinstellung anpassen (Zeit, Positionierung) und die Rührorgane auf volle Funktionstüchtigkeit überprüfen. Außerdem Überprüfung der Viskosität (siehe „Steigende Viskosität“ und „Schwimmschichtbildung“), evtl. Gärgemisch-aufbereitung. Monatlich mindestens einmal vorsorglich das Tauchmotorrührwerk auf niedrigster Position betreiben. Vermeidung/Reduktion schlecht abbaubarer Substrate mit hohem Faseranteil oder wasserbindenden Eigenschaften in der Fütterungsration.
	<i>Kurze Verweilzeit</i> : Erhöhter Input aufgrund <i>höherer Wassergehalte</i> – z.B. nassere Silage, Erhöhung der Güllezufuhr – hierdurch verweilt das Substrat kürzer im Fermenter → weniger Zeit für einen vollständigen Abbau, Ausschwemmung von Methanbildnern	Verbesserung des Substratabbaus durch: Verringerung von Gülle-/ Wasserzufuhr → Erhöhung der Verweildauer; Anteil schnell abbaubarer Substanzen in Ration erhöhen; Einsatz von Prozesshilfsstoffen in Erwägung ziehen. Bautechnische Änderungen wie Nachgärerbeheizung oder Gärrestlagerabdeckung. Entfernung von Sinkschichten, Substrate vor Verschmutzung schützen, Erd-/Sandeintrag verhindern.
	<i>Reduziertes aktives Fermentervolumen durch: Sedimentation</i> (Sand, Steine), entleerter Nachgärer, abgesenkter Fermenterfüllstand, Kurzschlussströme im Fermenter	
	<i>Temperaturschwankung</i>	Auf stabile Temperaturführung achten. Siehe auch Säureanreicherung aufgrund von Temperaturschwankung.
	<i>Niedrige Gärtemperatur</i> Verringerte Stoffwechselaktivität der Gärbiologie	Temperaturerhöhung insbesondere bei kurzer Verweilzeit (Vorsicht: NH_4^+ -Gehalt, pH-Wert und Technik beachten!), um schnelleren Substratabbau zu erreichen.
	<i>Leckagen</i> im Gasspeicher oder den gasführenden Leitungen	Leitungen und Gasspeicher von Zeit zu Zeit mit Gasspürgeräten überprüfen, Füllstände der Tauchtaschen und Über-/ Unterdrucksicherungen prüfen.
	In seltenen Fällen: <i>geringe Aktivität der hydrolytischen Bakterien</i> durch nicht ausreichende Enzyymbildung	Zielgerichteter (kurz- bis mittelfristiger) Einsatz von Enzympräparaten nach Ausschluss sonstiger Ursachen. Temperaturschwankungen vermeiden.
	<i>Substratwechsel</i>	Bei einem Substratwechsel kann die Methanausbeute sinken. Diese nimmt beispielsweise von fettreichen über eiweißreiche zu kohlenhydratreichen Substraten oder auch bei höheren Lignocellulosegehalten ab.
Geringe/Sinkende Methangehalte	<i>Gehemmte Methanbildung</i>	Siehe Säureanreicherung.
	<i>Luftzutritt in Fermenter</i>	Kontrolle der biologischen Entschwefelung: eventuell zu hohe Luftereinblasung; Kontrolle auf Leckagen der Gas führenden Einrichtungen.


Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Geringe/Sinkende Methangehalte	Substratwechsel	siehe Geringe/Sinkende Gas-/Methanausbeute/ Substratwechsel.
Schwimmschichtbildung / Entmischung im Fermenter	<i>Substrat mit hoher Flotationsneigung</i>	Gras und GPS-Anteil insbesondere bei großer Häcksel- länge reduzieren. Hochwertige Silagen mit entsprechendem Zerkleine- rungsgrad verwenden (siehe https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/HerstellungundLagerungvonSilagen/nachhaltig-erneuerbar-energie_BereitunghochwertigerSilage.html). Aufbereitung faserreicher Substrate vor oder im Prozess (https://www.biogas-forum-bayern.de/bif8). Bei dünnflüssigem Gärgemisch weitere Flüssigkeitszu- gabe vermeiden – Gärgemisch sollte „sämig“ sein.
	<i>Unzureichende Fermenterdurchmischung</i>	Funktion der vorhandenen Rührtechnik prüfen, Rühr- werklaufzeiten verlängern bzw. den Substraten und Fermenterform/-volumen angepasste Rührwerke in- stallieren (siehe https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/AnlagenteileAnlagentechnik/ruehrwerk-ruehrtechnik_Ruhrwerk.html). Auf ausreichende Vertikaldurchmischung achten!
	<i>Zu schneller Substratwechsel</i>	Siehe „Schnelle Substratwechsel“, Unterpunkt von Säureanreicherung
Steigende Viskosität/ verminderte Durchmischbarkeit des Fermenters	<i>Zu hoher Gras/GPS-Anteil in der Ration</i>	Gras und GPS-Anteil reduzieren. GPS wirkt insbeson- dere kurz nach Neuaufnahme in die Ration stark ein- dickend auf das Gärgemisch. Gärgemischaufberei- tung.
	<i>Zu schneller Substratwechsel</i>	Einsatz von Enzymen in Betracht ziehen.
	<i>Zu hoher Trockenmassegehalt</i>	Wasser/Flüssigkeitszugabe, sofern keine Entmischung vorliegt. Rezirkulation aus Nachgärer (in der Regel dünnflüssi- ger und geringerer TM-Gehalt). Zu hohen Trockenmassegehalt bei Silagen vermeiden (siehe https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/HerstellungundLagerungvonSilagen/nachhaltig-erneuerbar-energie_BereitunghochwertigerSilage.html).
Hoher H ₂ S-Gehalt des Biogases	<i>Zu hohe Schwefelkonzentration im Gärgemisch</i>	Siehe auch „Zu hohe Schwefelkonzentration im Gär- gemisch“, Unterpunkt von Säureanreicherung. Ex-situ Lösungen zur Entschwefelung vermeiden eine Schwefelanreicherung im Gärgemisch.
	<i>Gesunkener pH-Wert im Fermenter</i>	Bei sinkendem pH-Wert wird vermehrt H ₂ S aus dem Gärgemisch ausgetrieben – schnelle Kontrolle der Säurekonzentration erforderlich!

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Hoher H₂S-Gehalt des Biogases	<i>Aufrühren von Schwimmschichten</i>	Durch das Aufrühren von Schwimmschichten gelangt der darauf befindliche Schwefel (biologische Entschwefelung!) wieder in das Gärgemisch und wird erneut zu H ₂ S umgesetzt. Lösungsansätze: Vermeidung der Schwimmschichten bzw. frühzeitiges Einrühren oder Zugabe von Eisensalzen zur Schwefelbindung - Siehe „Zu hohe Schwefelkonzentration im Gärgemisch“, Unterpunkt von Säureanreicherung.
Schaumbildung (siehe https://www.biogasforum-bayern.de/De/Fachinformationen/Prozessbiologie/ursachenfolgenmassnahmen_SchauminBiogasanlagen.html)	<i>Hemmstoffe</i>	Bei Schaumbildung Verstopfungsgefahr der Gasaustrittsöffnungen des Fermenters beachten! Zeitnahe Zugabe von im Biogasprozess zugelassenen Entschäumern. Quelle der Hemmstoffe (Gülle/Fremdgülle, Silagen, ungeeignete Substrate) finden und beseitigen.
	<i>Hohe Zufuhr eiweißreicher Substrate</i>	Bei Schaumbildung Verstopfungsgefahr der Gasaustrittsöffnungen des Fermenters beachten! Zeitnahe Zugabe von im Biogasprozess zugelassenen Entschäumern. Eiweißzufuhr reduzieren. Einsatz von Enzymen in Betracht ziehen.
	<i>Prozessbiologische Störung</i>	Bei Schaumbildung Verstopfungsgefahr der Gasaustrittsöffnungen des Fermenters beachten! Zeitnahe Zugabe von im Biogasprozess zugelassenen Entschäumern. Kontrolle der Säurenkonzentration im Fermenter (auch pH-Wert, FOS/TAC). Siehe „Säureanreicherung“.

Abkürzungsverzeichnis

BHKW	Blockheizkraftwerk
C/N	Kohlenstoff-Stickstoffverhältnis
CO ₂	Kohlendioxid
FOS/TAC	Verhältnis flüchtiger organischer Säuren zur Carbonat-Pufferkapazität
GPS	Ganzpflanzensilage
H ₂ S	Schwefelwasserstoff
NH ₃	Ammoniak
NH ₄ ⁺	Ammonium-Ion
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NG	Nachgärer
TM	Trockenmasse

Zitiervorlage: Preißler D., Beck J., Koch K., Le-
buhn M., Dandikas V., Munk B. (2021): Prozess-
biologische Störungen in NawaRo- und Güllean-
lagen: Symptome, Ursachen und Lösungsansät-
ze. In: Biogas Forum Bayern,
<https://www.biogas-forum-bayern.de/bif25>,
Hrsg. ALB Bayern e.V., Stand [Abrufdatum].



Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und
Landwirtschaftliches Bauwesen (ALB)
in Bayern e.V.

Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Telefon: 08161 / 887-0078

Telefax: 08161 / 887-3957

E-Mail: info@alb-bayern.de

Internet: www.alb-bayern.de