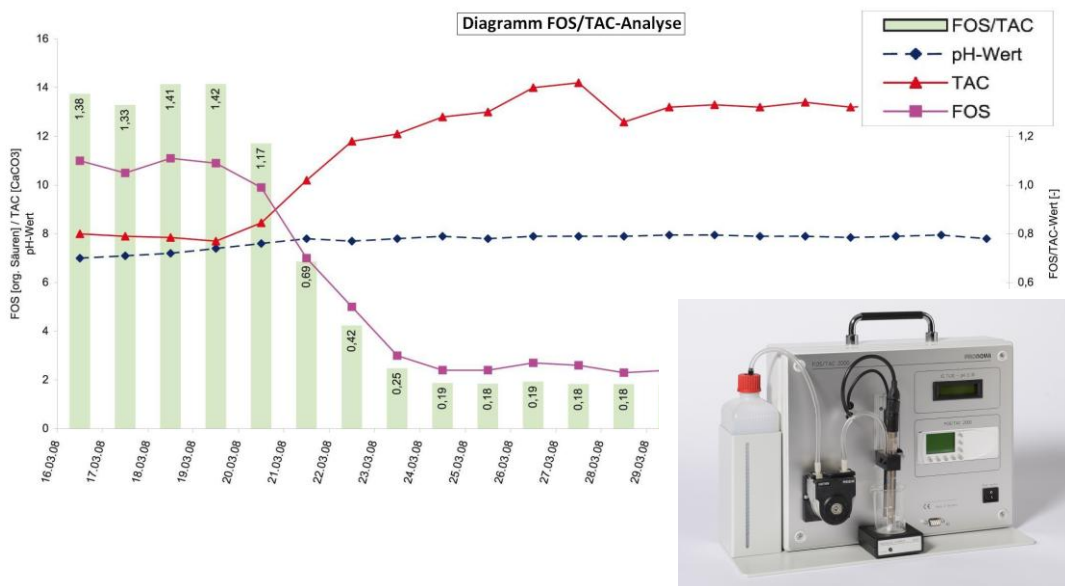


## Prozessbiologische Störungen in NawaRo- und Gülleanlagen: Symptome, Ursachen und mögliche Lösungsansätze



Nr. III – 4/2010

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

# Prozessbiologische Störungen in NawaRo- und Gülleanlagen: Symptome, Ursachen und mögliche Lösungsansätze

Generell sollte bei Prozessstörungen fachkundiger Rat eingeholt werden, da eine möglichst schnelle Rückkehr zum Regelbetrieb erhebliche finanzielle Einbußen vermeiden hilft! Diese Auflistung soll nur das Erkennen von prozessbiologischen Störungen erleichtern.

Informationen über sinnvolle Prozessanalytik entnehmen Sie bitte dem Papier „Motivation, Voraussetzungen und Möglichkeiten für die Prozessüberwachung“ ([www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Motivation.Voraussetzungen.und.Moeglichkeiten.fuer.die.Prozessueberwachung.pdf](http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Motivation.Voraussetzungen.und.Moeglichkeiten.fuer.die.Prozessueberwachung.pdf)).

Die Angaben beziehen sich auf den Regelbetrieb, nicht auf die Inbetriebnahme. Empfehlungen zur Inbetriebnahme entnehmen Sie dem Papier „Hinweise zum Anfahren einer Biogasanlage“ ([www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Hinweise.zum.Anfahren.einer.Biogasanlage.pdf](http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Hinweise.zum.Anfahren.einer.Biogasanlage.pdf)).

Die Angaben beziehen sich nur auf einphasige Fermenter ohne Hydrolysestufe und ausschließlich auf NawaRo- und Gülleanlagen.

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.

Die Auflistung hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
<p>Säureanreicherung (Essig-, Propion-Buttersäure, iso-Säuren)</p>	<p>Mikronährstoffmangel</p>	<p>Überprüfung der Mikronährstoffversorgung in einem geeigneten Labor und gegebenenfalls bedarfsgerechter Ausgleich.</p>
	<p>Ammoniakhemmung</p>	<p>Anteil eiweiß-/N-reicher Substrate wie Getreide, Geflügelkot in der Ration reduzieren (=Erweiterung C/N-Verhältnis)</p> <p>Mesophile Betriebsweise (&lt;45°C). Zugabe von Stickstoffbindern, Wasser-/Güllezugabe → Verdünnung</p>
	<p>Temperatur, Temperaturschwankung</p>	<p>Regelmäßige Kontrolle der Heizeinrichtungen (auch Temperaturmesstechnik). Ungewollte Temperaturschwankungen sind zu vermeiden (insbesondere thermophiler Bereich)</p> <p>Temperaturschwankungen durch große Mengen kalter Substrate sind zu vermeiden. Erwärmung über 55°C sollte entgegengewirkt werden (Rezirkulation, aktive Kühlung).</p> <p>Achtung – bei thermophiler Betriebsweise treten Prozessstörungen schneller und oft in stärkerer Ausprägung auf!</p> <p>Bei Änderungen der Gärsubstrattemperatur können erhebliche Prozessstörungen auftreten!</p>

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
<p>Säureanreicherung (Essig-, Propion-Buttersäure, iso-Säuren)</p>	<p>Hemmstoffe (Desinfektionsmittel, Pilzgifte, Kupfer, etc.)</p>	<p>Quelle (Gülle/Fremdgülle, Silagen, ungeeignete Substrate) finden und beheben. Ggf. Umstellung der in der Tierhaltung verwendeten Medikamente und/oder Reinigungsmittel. In schweren Fällen Entleerung des Fermenters bzw. Verdünnung des Gärsubstrates erforderlich.</p>
	<p>Schnelle Substratwechsel</p>	<p>Bei Substratwechseln erfolgt oft nur eine zögerliche Anpassung der Fermenterbiologie an die eingesetzten Substrate. Ein Substratwechsel sollte daher nur allmählich (max. 10% des Gesamtinputs pro Tag) erfolgen. Eingeschränkt gilt dies auch beim Wechsel von Silo zu Silo bei scheinbar identischen Substraten z.B. Mais (stark unterschiedliche Silagequalität, Spurenelementgehalte (siehe auch: <a href="#">Silomais für die Biogasproduktion</a>))</p>
	<p>Aufrühren von Schwimm- und Sinkschicht</p>	<p>Durch das Aufrühren von Sink- und Schwimmschichten können im Fermenter erhebliche Mengen an organischer Biomasse umgesetzt werden, auf die die Fermenterbiologie zuvor keinen Zugriff hatte („im Fermenter eingelagerte Substrate“). Dies kann zu extrem starker und schneller Säurebildung bis hin zu einem Prozessabsturz führen.</p> <p>Ziel: Schwimmschichten frühzeitig aufrühren, bei problematischen Substraten wie Getreide und Körnermais Sinkschichten regelmäßig vorbeugen.</p>

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
<p>Säureanreicherung (Essig-, Propion-Buttersäure, iso-Säuren)</p>	<p>Einbringung von Silagesickersaft</p>	<p>Durch die Einbringung von Sickersaft können erhebliche Prozessstörungen auftreten. Es empfiehlt sich, Sickersaft zunächst nur in geringen 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 Einsatz von Sickersaft wird die Säureanreicherung bei bereits gehemmten Biogasanlagen z.B. bei Mikronährstoffmangel besonders gesteigert.</p>
	<p>Zu langes Fütterungsintervall</p>	<p>Insbesondere bei hohen Faulraumbelastungen ist auf eine gleichmäßige Verteilung der Substratzufuhr zu achten. Stoßbelastungen bei täglich nur einmaliger Fütterung führen oft zu starken Säureanstiegen, die im Tagesverlauf nicht wieder vollständig abgebaut werden können und somit zu einer Anreicherung der Säuren und einer daraus resultierenden Hemmung führen. Ziel: 8 bis 24 gleichmäßig über den Tag verteilte Substratzugaben mit identischen Substraten.</p>

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Säureanreicherung (Essig-, Propion- Buttersäure, iso- Säuren)	Zu hohe Schwefelkonzentration im Gärsubstrat	<p>Hohe Schwefelkonzentrationen können auf die Fermenterbiologie in Form von frei vorliegendem H<sub>2</sub>S direkt hemmend wirken, oder durch Bildung von schwer löslichen Metallsulfiden die Mikronährstoffversorgung der Fermenterbiologie stark verschlechtern. Ursächlich für hohe Schwefelgehalte können sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- schwefelreiche Gülle (z.B. bei Verfütterung von Rapspresskuchen)</li> <li>- schwefelreiche Substrate wie Kreuzblütler (Raps, etc.).</li> </ul> <p>Eine biologische Entschwefelung durch Einblasen von Luft in den Gasraum bringt keine Abhilfe, da hierdurch der Schwefel nicht im Gärsubstrat gebunden werden kann. Empfehlenswert ist der Einsatz von Eisensalzen zur Schwefelbindung im Fermenter: Eisenchloride (Achtung – stark korrosiv, Anwenderschutz und Anlagenherstellerfreigabe 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.</p>

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Säureanreicherung (Essig-, Propion-Buttersäure, iso-Säuren)	Dauerhaft hohe Propionsäurekonzentration	<p>Nach einer Prozessstörung verweilt die Propionsäurekonzentration oftmals weiterhin auf einem hohen Niveau (&gt;4.000mg/l), obwohl die eigentliche Ursache der Prozessstörung längst behoben wurde. Hier hilft oftmals eine Verdünnung des Hauptfermenters durch Zugabe von Wasser oder eine Rezirkulation aus dem Nachgärer oder Endlager. Wird eine Propionsäurekonzentration von ca. 4.000 mg/l unterschritten, tritt meist ein schneller Abbau ein.</p>
	Zu hohe Prozessbelastung – „Überfütterung“	<p>Überschreitung der fermenterindividuellen Leistungsfähigkeit der Fermenterbiologie.</p> <p>Oftmals reicht eine leichte Reduktion der täglichen Substratzugabe. Ursächlich kann sowohl eine erhöhte Faulraumbelastung durch höhere TM-Gehalte der zugeführten Substrate als auch eine insgesamt überhöhte Biomassezufuhr sein. Oftmals treten diese Probleme nach einer gezielten Steigerung der Anlagenleistung auf.</p> <p>Siehe zuvor genannte mögliche Ursachen.</p>

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Hoher/steigender FOS/TAC-Wert	Gehemmter Säureabbau	Siehe Säureanreicherung
	Geringe Pufferkapazität/ Kalkreserve	<p>Reduktion der Wasserzugabe, Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes im Fermenter</p> <p>Zugabe von puffernden Substanzen:</p> <p>Eiweißreiche Substrate (kontinuierlich als Bestandteil der Fütterung), Kalk, Harnstoff, Natronlauge</p>
Niedriger pH-Wert	Gehemmter Säureabbau	Siehe Säureanreicherung
	Geringe Pufferkapazität/ Kalkreserve	<p>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 NG stabil) möglich.</p>
Zu hoher pH-Wert	Zu hohe Konzentration alkalischer Substanzen	<p>Verdünnung durch Wasserzugabe, Zugabe alkalischer Substanzen reduzieren (Eiweiß-/N-reiche Substrate wie Getreide und Geflügelkot), kalkhaltige Substrate reduzieren</p>

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Geringe/Sinkende Gas- /Methanausbeute	Gehemmter Säureabbau	Siehe Säureanreicherung
	Schwankung der Substratqualität	<p>Kontrolle der zugeführten Substrate:</p> <p>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. Maisbeulenbrand))</p>
	Zu hoher pH-Wert	Siehe zu hoher pH-Wert (Symptom)
	Unzureichende Durchmischung des Fermenters – Substrate werden in Schwimm- und Sinkschichten „eingelagert“	<p>Überprüfung der Fermenterdurchmischung, gegebenenfalls Rührwerkseinstellung anpassen (Zeit, Positionierung). Außerdem Überprüfung der Viskosität (siehe „Steigende Viskosität“ und „Schwimmschichtbildung“).</p> <p>Monatlich mindestens einmal vorsorglich das Tauchmotorrührwerk auf den Boden des Fermenters absenken.</p> <p>Vermeidung/Reduzierung schlecht abbaubarer Substrate mit hohem Faseranteil oder wasserbindenden Eigenschaften in der Fütterungsration.</p>
	Keine bzw. fehlerhafte Wiegetechnik	Einbau einer Waage bzw. Kontrolle der installierten Wiegetechnik

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
<p>Geringe/Sinkende Gas- /Methanausbeute</p>	<p>Kurze Verweilzeit :  Erhöhter Input aufgrund höherer Wassergehalte – z.B. nassere Silage, Erhöhung der Güllezufuhr – hierdurch verweilt das Substrat kürzer im Fermenter → weniger Zeit für einen vollständigen Abbau  Reduziertes aktives Fermentervolumen durch: Sinkschichten (Sand, Steine), entleerter Nachgärer, abgesenkter Fermenterfüllstand, Kurzschlussströme im Fermenter</p>	<p>Verbesserung des Substratabbaus durch: Verringerung von Gülle-/oder Wasserzufuhr -&gt; Erhöhung der Verweildauer; Anteil schnell abbaubarer Substanzen in Ration erhöhen; Einsatz von Vergärhilfsmitteln. Bautechnische Änderungen wie Nachgärerbeheizung oder Endlagerabdeckung.  Entfernung von Sinkschichten</p>
	<p>Temperaturschwankung</p>	<p>Auf stabile Temperaturführung achten  Siehe auch Säureanreicherung aufgrund von Temperaturschwankung.</p>
	<p>Niedrige Gärtemperatur  - führt zu geringerer Stoffwechselaktivität der Fermenterbiologie</p>	<p>Temperaturerhöhung insbesondere bei kurzer Verweilzeit (vorsichtig, <math>\text{NH}_4^+</math>-N-Gehalt, pH-Wert und Technik beachten), um schnelleren Substratabbau zu erreichen</p>

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Geringe/Sinkende Gas- /Methanausbeute	Leckagen im Gasspeicher oder den gasführenden Leitungen	Leitungen und Gasspeicher mit Gasspürgeräten überprüfen, Füllstände der Tauchtassen und Über-/Unterdrucksicherungen prüfen
	In seltenen Fällen: Geringe hydrolytische Aktivität der Gärer durch nicht ausreichende Enzyymbildung	Zielgerichteter (kurz- bis mittel- fristiger) Einsatz von Enzympräpa- raten nach Ausschluss sonstiger Ursachen  Temperaturschwankungen vermeiden

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Geringe/Sinkende Methangehalte	Gehemmte Methanbildung	Siehe Säureanreicherung
	Luftzutritt in Fermenter	Kontrolle der biologischen Entschwefelung, eventuell zu hohe Lufteinblasung, Kontrolle auf Leckagen der Gas führenden Einrichtungen
	Substratwechsel	Durch Wechsel der Substrate kann sich der Methangehalt des Biogases ändern. Der zu erwartende Methangehalt für das verwendete Substrat ist: kohlenhydratreich < eiweißreich < fettreich

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Schwimmschichtbildung / Entmischung des Fermenters	Substrat mit hoher Flotationsneigung	<p>Gras und GPS-Anteil insbesondere bei langer Häcksellänge reduzieren</p> <p>Zu hohen Trockensubstanzgehalt bei Silagen vermeiden (siehe <a href="#">Bereitung hochwertiger Silage</a>)</p> <p>Einsatz von strohigem Festmist vermeiden</p> <p>Bei dünnflüssigem Gärsubstrat weitere Flüssigkeitszugabe vermeiden – Gärsubstrat sollte „sämig“ sein</p>
	Unzureichende Fermenterdurchmischung	<p>Funktion der vorhandenen Rührtechnik prüfen, Rührwerkslaufzeiten verlängern bzw. den Substraten und Fermenterform/-volumen angepasste Rührwerke installieren (siehe <a href="#">Empfehlungen für die Auswahl von Rührwerken für Gärbehälter</a>). Auf ausreichende Vertikaldurchmischung achten!</p>
	Zu schneller Substratwechsel	<p>Siehe schnelle Substratwechsel, Unterpunkt von Säureanreicherung</p>

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Steigende Viskosität/ verminderte Durchmischbarkeit des Fermenters	Zu hoher Gras/GPS-Anteil in der Ration  Zu schneller Substratwechsel	Gras und GPS-Anteil reduzieren. GPS wirkt insbesondere kurz nach Neuaufnahme in die Ration stark eindickend auf das Gärsubstrat.  Einsatz von Enzymen prüfen.
	Zu hoher Trockenmassegehalt	Wasser/Flüssigkeitszugabe, sofern keine Entmischung vorliegt  Rezirkulation aus ähnlich temperierten Nachgärer (in der Regel dünnflüssiger und geringerer TM-Gehalt)  Zu hohen Trockenmassegehalt bei Silagen vermeiden (siehe <a href="#">Bereitung hochwertiger Silage</a> )  Einsatz von Enzymen prüfen.
	Zu hoher pH-Wert	Bei hohen pH-Werten wird die Hydrolyse eingeschränkt – siehe zu hoher pH-Wert
	Zu niedrige/schwankende Gärsubstrattemperatur	Mit steigender Temperatur des Gärsubstrates wird der Fermenter besser rührfähig. Anheben der Temperatur bis zu 55°C kann sinnvoll sein (Zulassung des Fermenters und der Rührwerke prüfen, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -Gehalt beachten).  Achtung – bei thermophiler Betriebsweise treten Prozess- störungen schneller und oft in stärkerer Ausprägung auf!  Bei Änderungen der Gärsubstrat- temperatur können erhebliche Prozessstörungen auftreten!

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Hoher $\text{NH}_3$ -Gehalt des Biogases	Hohe $\text{NH}_4^+$ -Konzentration im Gärsubstrat	Der $\text{NH}_3$ -Gehalt des Biogases steigt an mit steigender $\text{NH}_4^+$ -Konzentration im Gärsubstrat, steigendem pH-Wert und steigender Temperatur des Gärsubstrates. Siehe „Ammoniakhemmung“, Unterpunkt von Säureanreicherung
Hoher $\text{H}_2\text{S}$ -Gehalt des Biogases	Zu hohe Schwefelkonzentration im Gärsubstrat	Siehe „Zu hohe Schwefelkonzentration im Gärsubstrat“, Unterpunkt von Säureanreicherung
	Gesunkener pH-Wert im Fermenter	Bei sinkendem pH-Wert wird vermehrt $\text{H}_2\text{S}$ aus dem Gärsubstrat ausgetrieben – schnelle Kontrolle der Fettsäurekonzentration erforderlich
	Aufrühren von Schwimmschichten	Durch das Aufrühren von Schwimmschichten gelangt der darauf befindliche Schwefel (biologische Entschwefelung!) wieder in das Gärsubstrat und wird erneut zu $\text{H}_2\text{S}$ umgesetzt. Lösungsansätze: Vermeidung der Schwimmschichten bzw. frühzeitiges Einrühren oder Zugabe von Eisensalzen zur Schwefelbindung - Siehe „ Zu hohe Schwefelkonzentration im Gärsubstrat“, Unterpunkt von Säureanreicherung

Symptom	Mögliche Ursache	Handlungsempfehlung
Schaumbildung	Hemmstoffe	<p>Bei Schaumbildung Verstopfungsgefahr der Gasaustrittöffnungen des Fermenters beachten!</p> <p>Zeitnahe Zugabe von im Biogasprozess zugelassenen Entschäumern.</p> <p>Quelle der Hemmstoffe (Gülle/Fremdgülle, Silagen, ungeeignete Substrate) finden und beseitigen.</p>
	Hohe Zufuhr eiweißreicher Substrate	<p>Bei Schaumbildung Verstopfungsgefahr der Gasaustrittöffnungen des Fermenters beachten!</p> <p>Zeitnahe Zugabe von im Biogasprozess zugelassenen Entschäumern.</p> <p>Eiweißzufuhr reduzieren.</p> <p>Einsatz von Enzymen prüfen.</p>
	Prozessbiologische Störung	<p>Bei Schaumbildung Verstopfungsgefahr der Gasaustrittöffnungen des Fermenters beachten!</p> <p>Zeitnahe Zugabe von im Biogasprozess zugelassenen Entschäumern.</p> <p>Kontrolle der Säurenkonzentration im Fermenter (auch pH-Wert, FOS/TAC). Siehe „Säureanreicherung“</p>

## Abkürzungsverzeichnis

BHKW	Blockheizkraftwerk
C/N	Kohlenstoff-Stickstoffverhältnis
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
FOS/TAC	flüchtige org. Fettsäuren/Pufferkapazität
GPS	Ganzpflanzensilage
H <sub>2</sub> S	Schwefelwasserstoff
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NG	Nachgärer
TM	Trockenmasse

---

## **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**

- **Agrarbildungszentrum Landsberg am Lech**
- **Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.**
- **Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit**
- **Biogasanlagenbetreiber**
- **Conpower Energie GmbH**
- **f10 Forschungszentrum für Erneuerbare Energien**
- **Fachverband Biogas e.V.**
- **Landesanstalt für Landwirtschaft**  
Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Abteilung für Qualitätssicherung und Untersuchungswesen
- **Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V.**
- **Technische Universität München**  
Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie
- **renergie Allgäu e.V.**
- **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](mailto:info@biogas-forum-bayern.de)