

Schaum in Biogasanlagen



Nr. III - 19/2017

Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe III (Prozessbiologie) im „Biogas Forum Bayern“ von:



Robert Kliche
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung



Michael Lebuhn
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	2
2. Definition und Arten von Schaum	2
3. Ursachen von Schaumbildung.....	3
3.1 Einsatzstoffspezifische und biologische Ursachen.....	3
3.2 Technische Ursachen	4
4. Folgen übermäßiger Schaumbildung.....	4
5. Maßnahmen zur Schaumvermeidung.....	5
6. Schaumbekämpfung.....	6
6.1 Physikalisch/mechanische Verfahren.....	6
6.2 Chemische Verfahren zur Schaumbekämpfung.....	6
7. Verhalten bei Schaum.....	7
Literatur	8

1. Einleitung

Eine besonders unangenehme Betriebsstörung in Fermentern von Biogasanlagen stellt die Schaumbildung dar. Der Entstehung von Schaum im Fermenter liegt meist eine biologische oder physikalische Prozessstörung zugrunde. Durch das Auftreten von Schäumen wird die Produktion von Biogas oft verringert oder zumindest die Gasnutzung gestört, da der Schaum die Entnahme und Verwertung des Gases behindert und zum Ausfall der Prozesstechnik führen kann.

Grundlage zur Vermeidung dieser Prozessstörung ist das Verständnis der Entstehung von Schaum. Im Folgenden wird hierzu Bekanntes vorgestellt.

2. Definition und Arten von Schaum

Voraussetzung für eine Schaumbildung ist eine Gasbildung oder eine Gaseinführung in eine Flüssigkeit und das Vorhandensein von grenzflächenaktiven Substanzen.

Grundsätzlich gibt es zwei Schaumtypen: Kugelschaum und Polyederschaum. Die Gasblasen bilden in der Flüssigkeit im Zusammenschluss einen Kugelschaum mit relativ großem Flüssigkeitsgehalt. Fließt der Wasseranteil in der Folge weiter ab, ergeben sich allmählich polyedrische Gasblasen, die in der Summe Polyederschaum genannt werden [2].

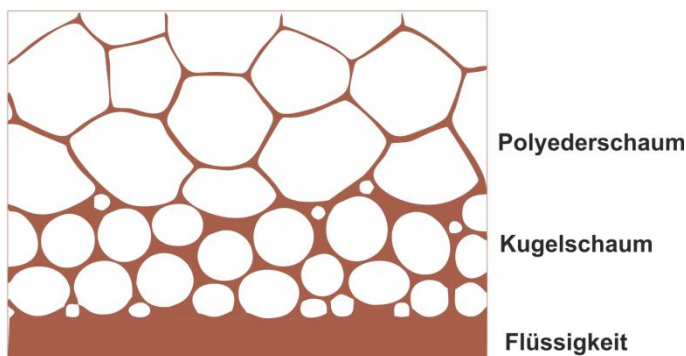


Abbildung 1: Darstellung Schäumeaufbau
Quelle: http://www.sita-china.com/reads_276.html

Weiterhin können die Gasblasen im Schaum und auf der Flüssigkeitsoberfläche sehr unterschiedliche Größen annehmen. Es gibt Schäume mit sehr kleinen (wenige Millimeter) aber auch mit sehr großen Schaumblasen (mehrere Zentimeter). Ebenso können aus der Art und Gestaltung bzw. dem Erscheinungsbild des Schaums Rückschlüsse auf die Ursache des Schaums gezogen werden.

Jeder Schaum, der durch eine andere Stoffgruppe verursacht wird, hat ein anderes Erscheinungsbild. So unterscheidet sich der Schaum, der in Verbindung mit Proteinen entsteht, von dem, der in Verbindung mit Schleimstoffen oder Hefen entsteht.

Schaum in Biogasanlagen wird vor allem durch Proteine oder Polysaccharide (Schleimstoffe) gebildet und stabilisiert. In der Abbildung 2 sind relativ große Blasen zu sehen, die durch Schleimstoffe nach dem Einsatz von Zuckerrüben gebildet wurden.



Abbildung 2: Große Schaumblasen im Fermenter gebildet durch den Einsatz von Zuckerrüben (Foto LfL)

Im Gegensatz dazu ist auf dem Titelfoto dieser Fachinformation eine schäumende Rindergülle kurz nach der Probenahme zu sehen. Dieser Schaum wird durch unverdaute organische Polymere gebildet und weist einen höheren Flüssigkeitsgehalt mit kleineren Bläschen auf.

3. Ursachen von Schaumbildung

Die Schaumbildung in einem Biogasfermenter kann sehr unterschiedliche Ursachen haben. Diese Ursachen können **biologische** oder **mechanische** Gründe haben, aber auch auf einer ungeeigneten **Prozessführung** oder **Substratauswahl** beruhen. Es können auch mehrere Umstände zusammenkommen und in Kombination zu einer Schaumbildung führen.

Neben einigen schwer erkennbaren Ursachen sind die Hauptgründe der Schaumbildung in der Prozessführung zu finden. Hierfür sollten speziell die Einsatzstoffzusammensetzung und die Beschickungsintervalle betrachtet werden. Somit werden im Folgenden häufig vorliegende Ursachen in verschiedenen Kategorien unterteilt, wobei nicht selten eine Kombination verschiedener Ursachen zu einer Schaumbildung führen kann.

3.1 Einsatzstoffspezifische und biologische Ursachen

- Übermäßige Dosierung leicht abbaubarer Substrate
- Zu abrupter Substratwechsel auf z.B. neuen Silagestock
- Zu schnelle Steigerung der Anteile leicht verwertbarer Substrate wie Getreideschrot oder Zuckerrübenmus in der Substratmischung
- Schleimstoffe in den Substraten (z.B. in GPS und in Zuckerrüben)
- Überlastung des Systems durch zu hohe organische Einbringung
- Anwesenheit von Schimmelpilzen (bzw. Mykotoxinen) in der Silage
- Nacherwärmung der Silage (Aufwuchs von Schimmelpilzen bzw. Mykotoxinen)
- Hoher Proteinanteil im Substratmix (z.B. bei Einsatz von Getreide, Klee gras, Hühner trockenkot oder Rindergülle)
- Spurenelementmangel
- Mangel anderer Nährstoffe
- Übersäuerung
- Pollen, die z.B. über Oberflächenwasser eingetragen werden
- Anwesenheit toxischer Substanzen
- Tenside aus dem Melkstand gelangen bei der Stallreinigung über die Gülle in die Biogasanlage

3.2 Technische Ursachen

- Starke Temperaturschwankungen im Betrieb
- Große Temperaturanstiege in der Anfahrphase beim Aufheizen des Gärgemischs in Verbindung mit unzureichender Durchmischung
- Große pH-Wert-Unterschiede in den Fermentern
- Zu starkes oder auch zu schwaches Rühren
- Ungeeignete Rührtechnik
- Ungeeignete Rührintervalle
- Sehr geringer Trockensubstanzgehalt im Fermenter
- Unzureichende Durchmischung des Gärgemisches

Schaum ist ein Indikator für einen nicht optimalen Betriebszustand!

4. Folgen übermäßiger Schaumbildung

Ist ein starkes Schaumereignis im Fermenter aufgetreten, so kann dies ernsthafte Folgen für die Technik und die Anlagensicherheit nach sich ziehen. Diese sind zum einen sehr ärgerlich, können aber auch eine große Gefahr darstellen. Im Folgenden sind Schäden genannt, die durch Schaumbildung auftreten können:

- Verunreinigungen im gesamten Gasführungssystem
- Krustenbildung im Gasbereich
- Verstopfungen von Gas-, Substrat- und Kondensatleitungen
- Überdruck im Gasspeicher durch blockierte Gasleitungen
- Schaum in der Gasleitung kann vom Motor angesaugt werden
- Bei Schaumeintritt in den Gas-Verdichter kann dieser zerstört werden
- Beeinträchtigung der Funktion der Messtechnik
- Hemmung von Mikroorganismen im Gärgemisch, Einbruch der Methanproduktion
- Schäden an der Beton-Fermenterdecke oder der Gasspeicherfolie durch den Druckaufbau in Kombination mit großen Flächen
- Wirtschaftliche Schäden (Betriebsausfall und Wiederinstandsetzung)
- Erhöhter Personaleinsatz zum Reinigen/Spülen/Putzen

Sehr eindrucksvoll, aber auch gefährlich ist, dass eine starke Schaumbildung im Fermenter sogar die Betondecke (sofern vorhanden) des Fermenters anheben kann. Ist der Druck und der Schaum dadurch entwichen, ist die Gasdichtigkeit des Fermenters nicht mehr gegeben, was zu aufwendigen und teuren Reparaturen führen kann.

Nach einer starken Schaumbildung kann es zu einer Reduktion des Gärgemisch-Volumens im Faulbehälter bzw. Fermenter kommen. Dies beruht auf der Tatsache, dass der Schaum aus dem Fermenter entwichen und der Füllstand nach der Schaumzerstörung gesunken ist. Als Folge der Verringerung des Gärvolumens kann es (neben anderen wie z.B. biologischen Gründen) zu einer Verringerung der Biogasproduktion kommen.

Aus dem Überlaufen eines Gärbehälters resultiert meist eine Verschmutzung des Umfeldes. Dies kann nicht nur zu einer Geruchsbelästigung sondern auch zur Verunreinigung von Oberflächenwasser führen.

5. Maßnahmen zur Schaumvermeidung

Im Regelbetrieb einer Biogasanlage sollte eine Schaumbildung nicht oder nur sehr selten auftreten. Bei einer kontinuierlichen Prozessführung wird es selten plötzlich zu einer Schaumbildung kommen, sondern immer nur, wenn sich physikalische oder chemische Parameter geändert haben. Bei biologischen Systemen sollte möglichst ein **kontinuierlicher Prozess** angestrebt werden. Die äußeren Bedingungen sollten möglichst konstant bleiben und sich allenfalls geringfügig verändern. Dies ist in der Praxis nicht immer möglich und stellt genau die Herausforderung an den Biogasanlagenbetreiber dar.

Um eine übermäßige Schaumbildung zu vermeiden, ist es grundsätzlich nötig die **Ursache** zu kennen. Ist diese noch nicht sicher entdeckt worden, gibt es einige Maßnahmen, die zu einer Verringerung bis hin zur Schaumvermeidung führen können.

Je nach Anlage, Bauart und Einsatzstoffmenge sollten möglichst kurze **Beschickungsintervalle** (halbstündlich bis stündlich) mit vertretbaren Beschickungsmengen gewählt werden, wobei die Belastungsgrenzen der einzelnen Systeme sehr unterschiedlich sind. Bei zu langen Beschickungsintervallen werden dem Fermenter vergleichsweise große Einsatzstoffmengen zugeführt, woraus eine punktuelle Überlastung des biologischen Systems resultieren kann. Überaus wichtig ist diese Betrachtung bei leicht abbaubaren Substraten wie Getreide oder Zuckerrübenmus. Sie sollten besser in geringeren Mengen zudosiert werden, bei Bedarf dafür aber häufiger.

Ist bei einer großen Einsatzstoffvielfalt nicht ganz klar, welche Substrate den Schaum verursachen, kann durch das zeitweise Weglassen jeweils eines Substrats herausgefunden werden, welches die Ursache der Schaumbildung ist (Ausschlussverfahren). Insbesondere sollten die Inhaltsstoffe auf ihren **Proteingehalt** untersucht werden, um die stickstoffreichsten Stoffe im Fall einer Schaumbildung bzw. zu dessen Vermeidung zumindest zeitweise wegzulassen. Es wird auch ein „Schaumtester“ angeboten [4], um die Schaumneigung der einzelnen Substrate zu prüfen und so schaumverursachende Einsatzstoffe zu identifizieren.

Weiterhin sollte der **Trockensubstanzgehalt** im Fermenter nicht zu niedrig sein. Je dünnflüssiger das Gärgemisch, d.h. je niedriger der Trockensubstanzgehalt ist, desto eher besteht eine Neigung zur Schaumbildung.

Eine Veränderung der **Gärtemperatur** kann ebenfalls in Betracht gezogen werden, um die Schaumbildungsneigung zu verringern. Wird die Temperatur verändert, so können sich die biologischen Verhältnisse verschieben, was im günstigsten Fall zu einer Besserung der Schaumbildung führt. Wichtig ist dabei eine langsame Änderung der Temperatur, um den Mikroorganismen Zeit zur Adaption zu geben.

Besonders im Anfahrbetrieb sollte eine Überlastung des Fermenters vermieden werden, da sich hier auftretende Probleme über den Zeitraum der Inbetriebnahme hinaus auf die Fermenterbiologie auswirken können. Siehe Fachinformation des Biogas Forum Bayern [„Hinweise zum \(Wieder\)Anfahren von Biogasanlagen“](#) [8].

6. Schaumbekämpfung

In diesem Kapitel über die Schaumbekämpfung werden Möglichkeiten dargestellt, den Schaum zu zerstören oder zu beseitigen, ohne auf die Ursachen einzugehen oder den Auslöser zu beseitigen.

6.1 Physikalisch/mechanische Verfahren

Eine Möglichkeit der Schaumbekämpfung liegt in der Änderung der Einstellungen der Rührwerke bzw. in der Variation der Rührintensität und -richtung v.a. bei schnelllaufenden Rührwerken. Je nach Rührwerksausstattung ist es auch möglich, die Durchmischungsrichtung – von unten nach oben oder umgekehrt – zu ändern. Im Zuge einer solchen Maßnahme kann Schaum auch untergerührt werden. Je nach Ausstattung und Möglichkeiten müssen verschiedene Einstellungen ausprobiert und vor allem beobachtet werden. Weitere Informationen siehe Fachinformation des Biogas Forum Bayern „[Empfehlungen für die Auswahl von Rührwerken für Gärbehälter und Gärrestlager](#)“ [5].

Bei häufiger Schaumbildung und wegen des Problems, dass dieser häufig in die Gasleitung gelangt, kann in die Gasleitung eine sogenannte Schaumfalle eingebaut werden, die den Schaum in der Gasleitung stoppt und somit die Verunreinigung des folgenden Gasleitungssystems verhindert.

6.2 Chemische Verfahren zur Schaumbekämpfung

Die chemischen Substanzen zur Schaumbekämpfung oder Schaumzerstörung werden Entschäumer oder auch Antischaummittel genannt. In der Regel sind das oberflächenaktive Substanzen, welche die Oberflächenspannung herabsetzen und dadurch eine Schaumbildung verhindern und bereits gebildeten Schaum zerstören können.

Zu den Antischaummitteln zählen beispielsweise folgende Stoffgruppen oder Gemische aus den einzelnen Komponenten:

- natürliche Fette, Wachse und pflanzliche Öle
- aliphatische Säuren und Ester
- höhere Alkohole

In der Fachinformation „[Marktübersicht Zusatz- und Hilfsstoffe für Biogasanlagen des Biogasforum Bayern](#)“ [7] sind im Abschnitt 5 (Entschäumer) viele der aktuell angebotenen Produkte aufgelistet.

Um eine optimale Wirkung zu erzielen, muss das Mittel großflächig auf die Schaumoberfläche aufgebracht werden. Dies kann durch den Einbau von Sprühvorrichtungen oder Düsen im Gasraum oberhalb des Flüssigkeitsniveaus erfolgen und mit einer geeigneten Dosiereinrichtung betrieben werden, um den Einsatz der Mittel möglichst gering zu halten.

Vorteile

- Sehr wirkungsvoll
- Effektive Schaumzerstörung
- Verhinderung der Schaumneubildung
- Geringer apparativer Aufwand

Nachteile

- teuer
- Kontamination des Gärrestes

Silikonhaltige Entschäumer sollten gemieden werden. Bei ihrer Zugabe können im Biogasprozess in der Folge Siloxane entstehen. Gelangen diese über das Biogas in den Motor, kann durch Siliziumablagerungen an den Laufbuchsen und Kolben ein hoher Verschleiß hervorgerufen werden [9]. Ist ein Aktivkohlefilter vorgeschaltet, können Siloxane von diesem abgereinigt werden.

7. Verhalten bei Schaum

In diesem Abschnitt wird konkretisiert, was bei einer Schaumbildung im Biogasfermenter unternommen und wie vorgegangen werden sollte [3].

Erstmaßnahmen:

- Versuchen den Fermenterfüllstand abzusenken, um das Volumen für weitere Schaumbildung zu vergrößern
- Weitere Beschickung des Fermenters reduzieren bzw. stoppen
- Bei Verdacht von Schaum in der Gasleitung BHKW-Motor abstellen und Gasleitungen spülen
- Versuchen den Schaum unterzurühren, wenn möglich auch gegenläufig

Schaumbekämpfung:

- Einsatz von Entschäumern wie z.B. Pflanzenölen
- Rezirkulation aus Nachgärer bzw. Gärrestlager

Bekämpfung einer möglichen Prozessstörung:

- Zudosierung von Spurenelementen (Se, Co, Ni) bei nachgewiesenem Mangel
- Reduzierung des Eintrags von Hemmstoffen
- Reduktion oder Einstellung der Beschickung bei Überlastung des Fermenters

Literatur

- [1] UFZ-Bericht 01/2013 Schaumbildung und Schaumvermeidung in Biogasanlagen
- [2] Schaumbroschüre TEGEWA Arbeitsgruppe „Grenzflächenaktive Substanzen“, 2015
- [3] Lindorfer, H.: Alptraum Schaum - Ursachen, Erscheinungsformen und Bekämpfungsstrategien in der Biogas-Praxis, https://www.ufz.de/export/data/2/87507_Harald%20Lindorfer_Alptraum%20Schaum%20Ursachen,%20Erscheinungsformen%20und%20Bek%C3%A4mpfungsstrategien%20in%20der%20Biogas-Praxis.pdf
- [4] Leipziger Schaumtester UFZ
https://www.ufz.de/export/data/2/99050_TODE_15114_Schaumtester_Moeller.pdf
- [5] Kissel, R., R. Kliche, Streicher, G und M. Effenberger (2014): Empfehlungen für die Auswahl von Rührwerken für Gärbehälter und Gärrestlager. In: Biogas Forum Bayern Nr. IV – 10/2014 (2. Auflage), Hrsg. ALB Bayern e.V., <http://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0002/Empfehlungen-fur-die-Auswahl-von-Ruhrwerken-fur-Garbehalter-und-Garrestlager-2-Auflage.pdf>, Stand [Abrufdatum]
- [6] Telschow, D. (2015): Biogas-Additive.de GmbH & Co.KG; Ursachen für die Schaumbildung in Biogasanlagen und praxistaugliche Gegenmaßnahmen, Spezialworkshop Schaumbildung in Biogasanlagen, UFZ Leipzig, 19.03.2015
- [7] Henkelmann, G., K. Fischer, K. Meyer zu Köcker, K. Koch, M. Lebuhn, M. Effenberger und K. Bayer (2012): Marktübersicht Zusatz- und Hilfsstoffe für Biogasanlagen - Stand Dezember 2012 - In: Biogas Forum Bayern Nr. III – 06/2012, Hrsg. ALB Bayern e.V., http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Marktubersicht_Zusatz-und_Hilfsstoffe_Dezember_2012.pdf, Stand [Abrufdatum].
- [8] Kliche, R., J. Götz, M. Effenberger und M. Lebuhn (2015): Hinweise zum (Wieder) Anfahren von Biogasanlagen. In: Biogas Forum Bayern Nr. III – 2/2015 (2.Auflage) Hrsg. ALB Bayern e.V., <http://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0001/Hinweise-zum-WiederAnfahren-von-Biogasanlagen.pdf>, Stand [Abrufdatum].
- [9] Bilitewski, B., A. Bockreis und S. Mattersteig (2011): Fachtagung SILOXANE - Siliziumorganische Verbindungen in der Abfallwirtschaft 27.09.2011 in Dresden
- [10] Dalmau, J., J. Comas, I. Rodríguez-Roda, K. Pagilla and J.P. K. Steyer (2001): Model development and simulation for predicting risk of foaming in anaerobic digestion systems, *Bioresource Technology* 101 (2010) 4306–4314
- [11] Ganidi, N., S. Tyrrel and E. Cartmell (2009): Anaerobic digestion foaming causes – A review, *Bioresource Technology* 100 5546–5554
- [12] Koller, K. (2004): Foam Control in Fermentation Processes, *Chemical Engineering* 24-27
- [13] Lindorfer, H. and C. Demmig, (2015): Foam Formation in Biogas Plants – A Survey on Causes and Control Strategies, *Chem. Eng. Technol.* 2016, 39, No. 4, 620–626

Zitiervorlage:

Kliche, R. und M. Lebuhn (2017): Schaum in Biogasanlagen. In: Biogas Forum Bayern Nr. III - 19/2017, Hrsg. ALB Bayern e.V., [Link], 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**
- **Bayerisches Landesamt für Arbeitsschutz, Arbeitsmedizin und Sicherheitstechnik**
- **Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit**
- **Biogasanlagenbetreiber**
- **Fachverband Biogas e.V.**
- **Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft**
Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
- **Maschinenring Tuttlingen Stockach GmbH**
- **renergie Allgäu e.V.**
- **Technische Universität München**
- **UGN Umwelttechnik GmbH**
- **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