

Schaum in Biogasanlagen



Nr. III - 19/2023

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

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 [1, 2]. 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 [3].

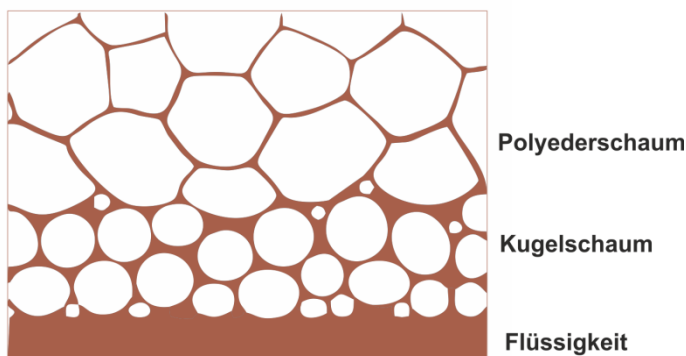


Abbildung 1: Darstellung Schäumeaufbau
 Quelle: http://www.sita-china.com/reads_276.html

Weiterhin können die Gasblasen im Schaum und auf der Flüssigkeitsoberfläche sehr unterschiedliche Größen annehmen. Es gibt Schäume mit sehr kleinen (Blasendurchmesser wenige Millimeter) aber auch mit sehr großen Schaumblasen (mehrere Zentimeter). Ebenso können aus der Art und Gestaltung bzw. dem Erscheinungsbild des Schäume Rückschlüsse auf die Ursache des Schäume 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 (Eiweißstoffe) 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 verschiedene Kategorien unterteilt, wobei nicht selten eine Kombination unterschiedlicher 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 oder veränderte Einsatzstoffmischung
- Zu schnelle Steigerung der Anteile leicht verwertbarer Substrate wie Getreideschrot oder Zuckerrübenmus in der Substratmischung
- Schleimstoffe in den Substraten (z. B. in Ganzpflanzensilage (GPS) und in Zuckerrüben)
- Überlastung des Systems durch zu hohe Einbringung organischer Substanz
- 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 (meist eine Folge anderer genannter Ursachen)
- Pollen, die z. B. über Oberflächenwasser eingetragen werden
- Anwesenheit toxischer Substanzen

- Tenside, die z.B. aus dem Melkstand bei der Stallreinigung über die Gülle in die Biogasanlage gelangen

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 Gärgemischs

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 und in diesem Schäden verursachen
- 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
- Wirtschaftliche Schäden (Betriebsausfall und Wiederinstandsetzung)
- Erhöhter Personaleinsatz zum Reinigen/Spülen/Putzen

Sehr eindrucksvoll, aber auch gefährlich ist, dass eine starke Schaumbildung im Fermenter durch den Druckaufbau 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, wenn 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 Umfelds. 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 oder sich kontinuierlich langsam ändern. 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 eine Herausforderung an den Biogasanlagenbetreiber dar.

Je früher eine Schaumbildung erkannt wird, desto eher lassen sich Gegenmaßnahmen ergreifen und Schäden vermeiden. Gemäß der TRAS 120 (Technische Regel Anlagensicherheit) und der in Überarbeitung befindlichen TRGS 529 (Technischen Regel Gefahrstoff) kann die unerwünscht starke bzw. unzulässige Schaumbildung zu Problemen führen und muss daher mit geeigneten schaumindernden Maßnahmen reduziert werden.

Um eine übermäßige Schaumbildung zu vermeiden, ist es wichtig, die **Ursache** zu kennen. Ist diese noch nicht sicher entdeckt worden, gibt es einige Maßnahmen, die zu einer Verringerung bis hin zur Vermeidung von Schaum 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 sein können. 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 in kleineren Intervallen zudosiert werden.

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 (z. B. [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 Verringerung der Schaumbildung führt. Eine Umstellung der Vergärungstemperatur ist allerdings ein massiver Eingriff, da sich dabei die Gesellschaftszusammensetzung der Mikroorganismen ändert. Bis sich die Gesellschaft mit der neuen mikrobiellen Zusammensetzung etabliert hat, ist die Methanproduktion und damit die Anlagenleistung typischerweise deutlich reduziert (siehe hierzu auch [„Prozessmodell Biogas“](#) und [„Prozessbiologische Störungen in NawaRo- und Gülleanlagen: Symptome, Ursachen und Lösungsansätze“](#)).

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“](#) [5].

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“](#) [6].

Bei häufiger Schaumbildung und wegen des Problems, dass dieser dann 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, die die Oberflächenspannung herabsetzen und dadurch eine Schaumbildung verhindern oder auch 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 in Biogasanlagen“](#) des Biogasforum Bayern [7] sind im Abschnitt 5 (Entschäumer) viele der aktuell angebotenen Produkte aufgelistet. Entschäumer können Gefahrenstoffe sein. Sie sind gemäß den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 529 in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen, und es

sind ggf. weitergehende Schutzmaßnahmen (Annahme, Lagerung, Dosierung etc.) vorzusehen.

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 [8]. Ist ein Aktivkohlefilter vorgeschaltet, können Siloxane aus dem Biogas abgereinigt werden.

7. Verhalten bei Schaum

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

Erstmaßnahmen:

- Versuchen, den Fermenterfüllstand abzusenken, um das Volumen für weitere Schaumbildung zu vergrößern
- Weitere Beschickung des Fermenters reduzieren oder auch aussetzen
- 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 dem Nachgärer bzw. Gärrestlager

Bekämpfung einer möglichen Prozessstörung:

- Zudosierung von Spurenelementen (z. B. Co, Ni, Fe oder auch Se) 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] Lindorfer, H.: Alptraum Schaum - Ursachen, Erscheinungsformen und Bekämpfungsstrategien in der Biogas-Praxis, https://www.ufz.de/export/data/2/87507_Harald%20Lindorfer_Alptraum%20Schaum%20-%20Ursachen,%20Erscheinungsformen%20und%20Bek%3%A4mpfungsstrategien%20in%20der%20Biogas-Praxis.pdf
- [3] Schaumbroschüre TEGEWA Arbeitsgruppe „Grenzflächenaktive Substanzen“, 2015
- [4] Moeller, L., Y. Köster und A. Zehnsdorf (2015): Leipziger Schaumtester – Testset zur Bestimmung der Schaumneigung von Substrat im aktiven Gärmaterial. In: Messmethodensammlung Biogas, Schriftenreihe 07 des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“, 103-105. https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Ver%3%B6ffentlichungen/07_Messmethodensamm_Biogas_web.pdf
- [5] 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., https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/Prozessbiologie/nachhaltig-erneuerbar-energie_HinweiseWiederanfahren.html, Stand [Abrufdatum].
- [6] Kissel, R., R. Kliche, Streicher, G und M. Effenberger (2023): Empfehlungen für die Auswahl von Rührwerken für Gärbehälter und Gärrestlager. In: Biogas Forum Bayern Nr. IV – 10/2023 (3. Auflage), Hrsg. ALB Bayern e.V., https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/AnlagenteileAnlagentechnik/ruehrwerk-ruehrtechnik_Ruhrwerk.html, Stand [Abrufdatum]
- [7] Henkelmann, G., K. Fischer, K. Meyer zu Köcker, K. Koch, M. Lebuhn, M. Effenberger und K. Bayer (2022): Marktübersicht Zusatz- und Hilfsstoffe in Biogasanlagen. <https://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0005/markt-bersicht-zusatz-und-hilfsstoffe.pdf>
- [8] Bilitewski, B., A. Bockreis und S. Mattersteig (2011): Fachtagung SILOXANE - Siliziumorganische Verbindungen in der Abfallwirtschaft 27.09.2011 in Dresden

Weitere, eher grundlagenorientierte Literatur ist hier aufgeführt:

Dalmau, J., J. Comas, I. Rodríguez-Roda, K. Pagilla and J.P.K. Steyer (2010): Model development and simulation for predicting risk of foaming in anaerobic digestion systems, *Biore-source Technology* 101, 4306–4314

Ganidi, N., S. Tyrrel and E. Cartmell (2009): Anaerobic digestion foaming causes – A review, *Biore-source Technology* 100, 5546–5554

Koller, K. (2004): Foam Control in Fermentation Processes, *Chemical Engineering* 111 (8), 24-27

Lindorfer, H. and C. Demmig, (2016): Foam Formation in Biogas Plants – A Survey on Causes and Control Strategies, *Chem. Eng. Technol.* 39 (4), 620–626

Moeller, L., F. Eismann, D. Wißmann, H. J. Nägele, S. Zielonka, R.A. Müller and A. Zehnsdorf (2015). Innovative test method for the estimation of the foaming tendency of substrates for biogas plants. *Waste management*, 41, 39-49

Zitiervorlage:

Kliche, R. und M. Lebuhn (2023): Schaum in Biogasanlagen. In: Biogas Forum Bayern Nr. III - 19/2023, Hrsg. ALB Bayern e.V., **[Link]**, Stand **[Abrufdatum]**.

**Herausgeber:**

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik
und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.
Vöttinger Straße 36
85354 Freising
Telefon: 08161/887 - 0078
Telefax: 08161/887 - 3957
Internet: <http://www.biogas-forum-bayern.de>
E-Mail: info@biogas-forum-bayern.de