

Verpilzte Einsatzstoffe als Biogassubstrat



www.biogas-forum-bayern.de/bif6

Biogas Forum Bayern, Verfasser:

Mathias Hartel,
Dr. Johannes Ostertag †
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Daniel Preißler

Osiris Gesellschaft für Bioenergie mbH

Foren der ALB Bayern e.V.

Die ALB-Bayern e.V. ist ein offiziell anerkannter, gemeinnützig tätiger, eingetragener Verein mit Mitgliedern aus Landwirtschaft, Wissenschaft, Beratung und den landwirtschaftlichen Organisationen. Weiterhin sind die staatliche Verwaltung, Firmen sowie Dienstleistungsunternehmen aus Industrie, Handel und Gewerbe sowie dem Umweltbereich vertreten.

Die ALB unterstützt die Landwirtschaft mit Wissensvermittlung in den Themenbereichen Bauen in der Landwirtschaft, Bewässerung, Biogas und Landtechnik. Hierzu handelt sie als neutraler Mittler und Bindeglied zwischen landwirtschaftlicher Praxis, Forschung, Umwelt, staatlicher Verwaltung, Gewerbe und Industrie.

Für umfassende Informationen zur umweltschonenden und effizienten Anwendung in der Pra-

xis werden zu den einzelnen Tätigkeitsbereichen Foren mit folgenden Aufgaben organisiert:

- ▶ Zusammenführen des aktuellen Wissensstandes,
- ▶ Reflektieren mit allen an der Thematik Beteiligten,
- ▶ Erarbeiten/Bekanntmachen konsensfähiger Lösungen.

Foren der ALB Bayern e.V.:

- ▶ Bau Forum Bayern (BaF),
Leitung: Jochen Simon, LfL-ILT
- ▶ Bewässerungsforum Bayern (BeF),
Leitung: Dr. Martin Müller
- ▶ Biogas Forum Bayern (BiF),
Leitung: Dr. Martin Müller, ALB
- ▶ Landtechnik Forum (LaF),
Leitung: Dr. Markus Demmel, LfL

Förderer



Bayerisches Staatministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Impressum

Herausgeber Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (ALB), Vöttinger Straße 36, 85354 Freising
Telefon: 08161 / 887 - 0078
Telefax: 08161 / 887 - 3957
E-Mail: info@alb-bayern.de
Internet: www.alb-bayern.de

3. Auflage 2024
© ALB Alle Rechte vorbehalten
Bildquelle Titelfoto Kliche (LfL)

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Einleitung	4
2.	Mykotoxine	4
3.	Einfluss von verpilztem Substrat auf den Biogasprozess	5
4.	Vermeidung von Schimmelpilzen.....	6
5.	Hinweise zur Zugabe von verschimmelten Einsatzstoffen.....	7
6.	Besonderheiten der rechtlichen Vorgaben	7
7.	Literaturempfehlung.....	7

1. Einleitung

Schimmelnester in Silagen und anderen Substraten lassen sich nicht immer restlos vermeiden.

Doch wie ist an Biogasanlagen mit verpilzter Silage umzugehen? Muss tatsächlich sämtliches verschimmeltes Material entsorgt werden? Wann kann verpilztes Substrat in landwirt-

schaftliche Biogasanlagen eingebracht werden?

Auch die Frage, ob Schimmelpilze bzw. ihre Toxine einen Einfluss auf die Prozessstabilität in Biogasanlagen haben können, soll in diesem Dokument nach dem aktuellen Stand des Wissens beantwortet werden.



Abb. 1: Schimmelschicht in einem großen Substratlager. Schimmelklumpen (Ausschnitt rechts unten) bestehen zumeist aus einer Vielzahl an verschiedenen Pilzen (Fotos: LfL)

2. Mykotoxine

Bei der Entstehung von Schimmelpilzen werden oftmals eine Vielzahl an giftigen Stoffen gebildet. Diese Mykotoxine können bei ungünstigen Bedingungen bereits auf dem Feld entstehen oder im weiteren Verlauf der Wertschöpfungskette während des Transportes oder im Lager. Dabei sind gerade viele Gattungen der Lagerpilze auch Mykotoxinbildner, welche antibiotisch wirksame Stoffe bilden können. Diese können gesundheitsschädlich sein und stehen im Verdacht, den Biogasprozess hemmen zu können. Lagerpilze wachsen, wie der Name schon sagt,

Da Schimmelpilze Allergien und in sehr ungünstigen Situationen gefährliche Infektionen und Vergiftungen auslösen können, ist Selbstschutz beim Umgang mit verpilztem Material wichtig (Staubschutzmaske, Handschuhe und Schutzkleidung).

bevorzugt im Lager und nur unter Lufteinfluss (Abb. 1). Besonders hervorzuheben sind hierbei die Vertreter der Gattungen *Aspergillus*, *Penicillium* bzw. der Familie der *Mucoraceae*, da diese besonders häufig nachgewiesen werden kön-

nen. Es lässt sich keine pauschale Aussage treffen, woran man erkennen kann, ob eine Verpilzung im Biogasprozess hemmend wirkt. Oftmals tritt trotz erheblicher Verpilzung keine Hemmung der Fermenterbiologie auf. Dies ist dadurch zu begründen, dass die meisten Pilze keine oder nur unter bestimmten Bedingungen antibiotische Stoffe bilden. Auch die Menge der

gebildeten antibiotischen Stoffwechselprodukte und ihre „Giftigkeit“ gegenüber den am Biogasprozess beteiligten Mikroorganismen variieren stark. Zudem ist die Fermenterbiologie zu gewissen Anpassungen an derartige Störungen fähig. Daher ist es selbst Experten nicht ohne weiteres möglich vorherzusagen, ob eine Verpilzung auf den Biogasprozess hemmend wirkt oder nicht.

3. Einfluss von verpilztem Substrat auf den Biogasprozess

Viele Keime, die ursprünglich vom Feld kommen, nehmen im Laufe des Transports und der Einlagerung in ihrer Keimdichte ab. Es entstehen neue Keime, die vornehmlich der Verderb anzeigenden Lagerflora zuzuordnen und an die Bedingungen im Lager bestens angepasst sind. In Einzelfällen scheinen bereits kleine Mengen verpilzter Silage reichen zu können, um den Biogasprozess erheblich zu stören. In der Folge reduzieren sich die Gasproduktion und/oder die

Gasqualität. Sofern der Prozess stark belastet ist, oder schon im Vorfeld eine Störung (ggf. mit Säureanreicherung) vorliegt, kann es hierdurch zum vollständigen Prozesszusammenbruch kommen. In der Praxis wird berichtet, dass hierfür selbst einzelne Schimmelnester von der Größe eines Fußballs ausreichen. Bereits wenige Kilogramm verpilzter Getreidereste können erhebliche Hemmungen bis hin zum völligen Einbruch der Gasproduktion verursachen.



Abb. 2: Künstlich verschimmelte Maissilage: links *Monascus ruber*, rechts *Penicillium roqueforti*

Untersuchungen mit künstlich verpilzter Maissilage (Abb. 2) wiesen nach, dass durch die Verschimmelung zunächst ein reiner Masseverlust mit ca. 10 % beziffert werden kann. Somit ist durch eine verminderte Qualität des Substrates die Gesamteffizienz der Substratverwertung bereits vor der Fütterung der Biogasanlage verringert.

Eine kontinuierliche Zugabe von mit *Monascus ruber* oder *Penicillium roqueforti* infizierter Maissilage zeigte in Durchflussversuchen (Hartel et al., 2017) unter praxisnahen Bedingungen zunächst keinen Effekt. Nach mehreren Wochen Betrieb (mit unterlegtem Kobaltmangel) konnte aber im Vergleich zur Kontrolle ein früherer Eintritt einer Prozessstörung dokumentiert werden. Bei der Zugabe von mit *Aspergillus fumi-*

gatus verschimmelter Silage konnte gegenüber der Kontrolle allenfalls eine unwesentlich geringere Methanproduktion und keine Differenzen hinsichtlich Prozessstörungs-Parametern im Versuchsverlauf gefunden werden. Die von den Schimmelpilzen gebildeten Mykotoxine Monacolin KS und Roquefortin C wurden in den Biogasprozessen nicht abgebaut. Fumigaclavin C nahm anfangs zu, nach etwa 70 Betriebstagen schien aber ein Abbau einzutreten. Die Konzentrationen der zugeführten Toxine lagen in den

Fermentern immer im Bereich einer normalen Silagequalität. Es wurden auch Reinsubstanzen von in der Praxis wichtigen Mykotoxinen (u.a. Mykophenolsäure, Citrinin, Ochratoxin A, Aflatoxin B1, Fumonisin B1, Gliotoxin, Monacolin KS, Monacolin KL, Roquefortin C) in Minibatchtests in praxisnahen sowie teils deutlich größeren Konzentrationen getestet. Außer einer schwachen Hemmung der Biogasbildung durch Mykophenolsäure konnte kein Einfluss auf die Gärprozesse festgestellt werden. (Hartel et al., 2017).

4. Vermeidung von Schimmelpilzen

Den besten Schutz vor einer Prozesshemmung durch Mykotoxine/antibiotische Substanzen bietet die Vermeidung von Lagerpilzen. Das oberste Ziel sollte daher eine möglichst optimale Substratkonservierung und Substratlagerung darstellen. Hierfür ist bei Silagen und anderen feucht eingelagerten Einsatzstoffen auf eine fachgerechte Konservierung zu achten.

Siehe Fachinformation „Bereitung hochwertiger Silage – Grundlage für hohen Biogasertrag (<https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/HerstellungundLagerungvonSilagen/nachhaltig-erneuerbare-energie/BereitunghochwertigerSilage.html>).

Die wesentlichen Maßnahmen sind:

- ▶ Hohe Verdichtung bei der Einlagerung und damit die Eindringtiefe der Luft nach Siloöffnung minimieren
- ▶ Ausreichende Silierdauer (mind. 6 Wochen)
- ▶ Verunreinigungen des Erntegutes vermeiden (ansonsten Siliermittel einsetzen)
- ▶ Ausreichender Vorschub (Faustzahl: 100 m Silolänge für ein Jahr!)
- ▶ Sturmsichere, luft- & wasserdichte Abdeckung

- ▶ Querriegel hinter dem Anschnitt
- ▶ Vogelschutzgitter
- ▶ Anschnittfläche (Lufteinfluss) möglichst gering halten, Anschnittflächen an Silorändern zu benachbarten Silokammern vermeiden
- ▶ Steile, nur unzureichend verdichtete Seitenflanken bei Silos ohne Seitenwänden vermeiden
- ▶ Aufgelockertes Substrat zeitnah entfernen
- ▶ Keine Zwischenlagerung, direkte Einbringung in Biogasanlage (binnen 24 Stunden)
- ▶ Beim Umsilieren sind vorheriges Entfernen verschimmelter Bereiche, erneutes Verdichten und luftdichtes Abdecken sehr wichtig

Bei trocken eingelagerten Einsatzstoffen (bspw. Getreidekorn) ist auf einen für die Lagerung ausreichenden Trockensubstanzgehalt zu achten (< 14 % Wassergehalt). Liegt eine optimale Konservierung vor, werden Schimmelpilzwachstum und somit die mögliche Bildung antibiotischer Stoffe verhindert.

5. Hinweise zur Zugabe von verschimmelten Einsatzstoffen

Sofern die Einsatzstoffe bereits eine sichtbare Verpilzung aufweisen ist Vorsicht geboten. Die sicherste Methode eine Hemmung des Biogasprozesses zu vermeiden, ist das sorgfältige Aus-sortieren und Kompostieren (Misthaufen) verpilzter Partien. Eine visuelle Einschätzung ob und in welcher Konzentration Toxine gebildet wurden ist nicht möglich. Insofern kann hieraus auch keine Dosis-Wirkungsbeziehung abgeleitet werden. Sollte es dennoch zu einer Zugabe von verschimmelten Einsatzstoffen gekommen sein und augenscheinlich kein negativer Effekt auftreten, sollte die Zugabe zunächst nicht gesteigert, die Gasqualität und Gasproduktion aber intensiver beobachtet werden. Zu beachten ist auch, dass der Biogasprozess zwar be-

reits nach Beginn der Zugabe von verschimmelten Einsatzstoffen geschwächt sein kann, dass Störungssymptome aber erst nach Wochen auftreten. Wenn es zu einer Hemmung kommt, sollte die Zugabe des verpilzten Materials sofort abgesetzt und dieses fachmännisch kompostiert oder thermisch verwertet werden. Für die Zugabe von Festmist und anderen feuchten Einsatzstoffen gilt, dass bei bereits erfolgter Verpilzung nur in geringen Mengen eine testweise Zugabe erfolgen soll. Bei einer Zugabe von verschimmeltem Getreide, insbesondere Getreidestäuben, ist ebenfalls Vorsicht geboten. Berichten aus der Praxis zufolge scheinen selbst bei Zugabe von nur wenigen Kilogramm erhebliche Prozessstörungen auftreten zu können.

6. Besonderheiten der rechtlichen Vorgaben

Werden verpilzte Nawaros von anderen Abnehmern abgelehnt, bspw. toxinbelastetes Fusariumgetreide an der Getreidemühle zurückgewiesen, so ist zunächst rechtlich davon auszugehen, dass es sich um einen Abfallstoff handelt. Durch den Verlust des ursprünglichen Zweckes z.B. als Futtermittel bzw. dem anzunehmenden Entledigungswillen unterliegt diese Biomasse damit dem Abfallrecht und kann nur in nach Abfallrecht genehmigten Biogasanlagen eingesetzt werden. Insbes. bei Zukauf solcher Chargen ist auf diesen Umstand zu achten. Auch alle weiteren sich daraus ergebenden Auflagen wie

die entsprechende Genehmigung und die Vorgaben durch die Bioabfallverordnung sind zu beachten. Ein Einsatz solcher Stoffe in landwirtschaftl. Anlagen kann im Einzelfall mit den zuständigen Behörden abgestimmt werden. Unabdingbar müssen dabei auch alle anderen Rechtsbereiche wie z.B. Dünge- oder Wasserrecht abgestimmt sein. Eine Ausnahme von einzelnen Auflagen aus dem Abfallrecht reicht nicht aus! Werden verpilzte Nawaros nicht abgegeben und verbleiben innerhalb des eigenen Betriebes, können diese auch in der betriebseigenen Biogasanlage eigenverwertet werden.

7. Literaturempfehlung

Hartel, M., Harms, K., Dollhofer, V., Munk, B., Ostertag, J., Mayer, K., Lichti, F., Lebuhn, M., 2017: Einfluss verpilzter Einsatzstoffe auf den Biogasprozess und die hygienische Beschaffenheit von Gärresten. Schriftenreihe 3/2017 der Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft. ISSN 1611-4159

KTBL, 2011: Untersuchungen zum phytosanitären Risiko bei der anaeroben Vergärung von pflanzlichen Biomassen in Biogasanlagen. Tagungsband zum KTBL-Fachgespräch am 14.11.2011 in Berlin, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt.

Zitiervorlage: Hartel, M., Ostertag, J., und D. Preißler, (2024): Verpilzte Einsatzstoffe als Biogassubstrat. In: Biogas Forum Bayern bif6, Hrsg. ALB Bayern e.V., <https://www.biogas-forum-bayern.de/bif6>, Stand [Abrufdatum].