

Anforderungen an die Ausführung, den Betrieb und die Wartung von Fahrsiloanlagen



Nr. IV – 14/2016

Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe IV (Bau- und Verfahrenstechnik) im „Biogas Forum Bayern“ von:



Josef Aberle
Freier Architekt



Mathias Effenberger
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



Markus Helm
Gutachtergemeinschaft Biogas GmbH



Ronald Kriz
Böck Silosysteme GmbH



Thomas Krodel
Regierung von Oberfranken

Helmut Möhrle
Bayerisches Landesamt für Umwelt

Gerald Strickner
Jakob Eder Baustofffachhandel



Herbert Zölsmann
UGN Umwelttechnik GmbH

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Planerische Anforderungen an Fahrsiloanlagen.....	4
2.1	Silodimensionierung.....	4
2.2	Bauliche Ausführung.....	6
3	Handhabung von Gärstoff, Sickersaft und Regenwasser.....	10
4	Betrieb und Wartung von Fahrsiloanlagen.....	11
4.1	Silostockhöhe und Profilierung.....	12
4.2	Silomanagement.....	12
5	Schutz- & Vorsorgemaßnahmen, Schadensbilder und Sanierungsmöglichkeiten.....	14
5.1	Schutzmaßnahmen für die Oberflächen.....	14
5.2	Vorbereitungen vor dem Einsilieren.....	14
5.3	Schadensbilder und Sanierungsmöglichkeiten.....	15
6	Quellenverzeichnis.....	16

1 Einleitung

Fahrsiloanlagen sind oberflächennahe, zur Atmosphäre hin offene Flächenbauwerke, die in landwirtschaftlichen Betrieben mit Tierhaltung und/oder Biogasanlage genutzt werden. Fahrsilos haben sich in der Praxis als Speicher für stapelbare Biomassen, wie Häcksel von Gras, Mais-/Getreide-Ganzpflanzen u. a. bewährt. Die dort eingelagerten Substrate sollen bei möglichst geringen Energieverlusten und ohne schädliche Einwirkungen auf die Umwelt bewirtschaftet werden.

Die in den Siloanlagen gelagerte Biomasse enthält erhebliche Mengen an chemischer Energie. Beispielsweise müssen für die Vollauslastung einer Biogasanlage mit einer elektrischen Nennleistung von 500 kW etwa 9.500 Tonnen Maissilage eingelagert werden. Zum Vergleich: Die gleiche Feuerungsenergie ist in ca. 1.060 m³ Heizöl enthalten; um die erzeugte Strommenge zu speichern, wären Lithium-Ionen-Batterien mit einem Volumen von ca. 20.750 m³ erforderlich.

Fahrsiloanlagen sind mit anderen Energiespeichern wie Öltanks, Gasspeichern u. ä. im weitesten Sinne vergleichbar, da auch hier Anforderungen an die technischen Auslegungsparameter in Punkto Sicherheit, Dichtheit und Materialbeständigkeit zu beachten sind. Besondere Aufmerksamkeit muss daher der Bauwerksplanung und Bauwerkserhaltung gewidmet werden. Gärssaft hat einen um den Faktor 70 bis 350 höheren biologischen Sauerstoffbedarf als häusliches Abwasser und wirkt stark korrosiv. Fahrsiloanlagen stellen daher ein außerordentlich hohes Gefährdungspotential für Gewässer dar.

Bei der vorliegenden Fachinformation handelt es sich nicht um eine Bauanleitung für Fahrsiloanlagen und es werden darin auch keine detaillierten Planungsdaten vorgegeben. Vielmehr wenden sich die Autoren in erster Linie an Betreiber bestehender Fahrsilos und möchten diesen Hilfestellungen geben,

- die Funktionsweise der Bauwerke zu verstehen,
- diese so zu betreiben, dass Bauwerks- und Umweltschäden sowie Geruchsbelästigungen möglichst vermieden werden und
- im Falle von Bauwerksschäden die richtigen Maßnahmen zu ergreifen.

2 Planerische Anforderungen an Fahrsiloanlagen

Der ordnungsgemäße und fachmännische Bau und Betrieb der Fahrsiloanlage schaffen die Voraussetzung für die dauerhafte Sicherung der Silagequalität auf der Biogasanlage und die Minimierung negativer Umweltwirkungen. Es muss gewährleistet sein, dass:

- die eingelagerte Biomasse ausreichend verdichtet werden kann,
- ein optimaler Luftabschluss durch eine geeignete Abdeckung der Biomasse gewährleistet ist,
- Biomasseverluste durch Sickersaftbildung und Fehlgärung minimiert werden,
- Gärtsaft/Sickersaft und unverschmutztes Regenwasser getrennt abgeleitet werden können,
- durch seitliches Einfassen der Bodenplatte mit Wänden kein unkontrollierter Austritt von biologisch abbaubaren Substanzen in Gewässer erfolgt (siehe hierzu die Fachinformation [Umweltwirkungen der Biogasproduktion - Teil 2: Schutzgut Wasser](#)),
- Erweiterung/Umbau/Rückbau der Fahrsiloanlage einfach möglich sind und
- die Betriebskosten möglichst günstig gehalten werden.

2.1 Silodimensionierung

In der Praxis zeigt sich teilweise deutlich, welche Probleme durch zu knapp bemessene Biomasse-Fahrsilos an Biogasanlagen entstehen. Durch Überfüllung wird das Bauwerk – hier in der Regel die Silowände – statisch überlastet und es kann zu Leckagen kommen. Außerdem erhöht sich bei Überschreitung einer Stapelhöhe von fünf bis sechs Metern der Anfall an Gärtsaft deutlich. Auch die Arbeitssicherheit und Logistik werden durch Platzmangel im Fahrsilo beeinträchtigt (siehe hierzu die Fachinformation [Sicherheit an Fahrsiloanlagen](#)). Im Folgenden werden deshalb grundlegende Sachverhalte erläutert, die bei der Dimensionierung von Fahrsilos zu beachten sind.

Jahresmassenbedarf an Silagen

Als Landwirt/Anlagenbetreiber sollten Sie den Jahresbedarf an Frischmasse in Form von Silagen für die Auslastung Ihrer Biogasanlage kennen. Dieser Bedarf ist Grundlage für die Dimensionierung der Lagerkapazität der Fahrsiloanlage. Da der Biogasertrag je Tonne Silage-Frischmasse in Abhängigkeit von den Wachstums- und Erntebedingungen variieren kann, sollte mindestens mit einem Sicherheitszuschlag von ca. 10 % gerechnet werden. Werden über das Jahr verschiedene Substrate eingelagert, ist ein Belegungsplan zu erstellen. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass die Erntetermine von Jahr zu Jahr schwanken und ein neu angelegter Silostock frühestens nach sechs Wochen geöffnet werden sollte. Um eine kontinuierliche Versorgung der Biogasanlage mit Silage sicherzustellen, ist also in jedem Fall eine Überlappung von Restmengen des Vorjahres und frischer Silage einzukalkulie-

ren. Mit der Anwendung [SILROL](#) können Sie die vorhandene Silagelagerkapazität bilanzieren und den Bedarf für eine bestimmte Lagerdauer abschätzen. Für den Zugriff auf diese Anwendung wenden Sie sich an den Fachberater für Landtechnik an Ihrem zuständigen Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

Verdichtung und Abdeckung

Um eine gute Silagequalität zu erreichen, sind eine fachmännische Einbringung, eine ausreichende Verdichtung und eine Abdeckung der Silage mit geeigneten Folien unerlässlich (siehe hierzu die Fachinformation [Bereitung hochwertiger Silage – die Grundlage für hohen Biogasertrag](#)). Die Zielwerte für das zu erreichende Raumgewicht (Trockenmasse) liegen für Maissilage bei 230 bis 270 kg/m³, für Grassilage bei 160 bis 230 kg/m³ und für Gersten-GPS bei 230-260 kg/m³ (nach KTBL 2013). Zur Orientierung kann die beispielhafte Berechnung in Tabelle 1 dienen.

Tabelle 1: Beispielberechnung des notwendigen Nettolagerraums für Silagen zur Auslastung einer Biogasanlage mit einer elektrischen Nennleistung von 500 kW auf Basis unterschiedlicher Substrate (Substrateigenschaften und Gasertragsdaten nach KTBL (2013); angenommener elektrischer Nutzungsgrad: 39 %)

	Nettobedarf an Silage-Frischmasse, t/a	Volllaststunden/a	Silieverlust, %	Zuschlag, %	Lagerungsdichte (Frischmasse), kg/m ³	Nettolagerraum, m ³
Mais-silage	9.500	8.300	8	10	0,76	14.946
Gras-silage	10.650	8.300	8	10	0,6	21.223
Getreide-GPS	9.780	8.300	8	10	0,76	15.386

Netto-/Brutto-Lagerraum

In der Beispielrechnung der Tabelle 1 wird davon ausgegangen, dass die Silokammern komplett gefüllt sind. Um den Silostock befahren zu können, wird dieser jedoch zu einer Seite hin abfallen müssen. Sofern der daraus resultierende Verlust an Lagerraum nicht durch eine **zulässige Überhöhung** ausgeglichen werden kann, ist dies bei der Dimensionierung durch einen weiteren Zuschlag zu berücksichtigen.

Aufteilung des Fahrsilos in Kammern

Es gibt zwar Beispiele für eine akzeptable Silobewirtschaftung ohne Kammern. Ein solches Verfahren erfordert jedoch eine entsprechende Schlagkraft und Expertise bei der Ausformung, Verdichtung und Abdeckung des Silostocks sowie eine geeignete Entnahmetechnik. Generell wird eine Aufteilung des Fahrsilos in Kammern empfo-

len, weil diese die fachmännische, emissionsarme Silobewirtschaftung erleichtert und eine getrennte Ableitung von Regenwasser ermöglicht. Um gut zugänglich zu sein, sollten die Kammern in Querrichtung in der Regel mindestens die vierfache Fahrzeugbreite messen (also ca. 12 m). Allerdings kann diese Vorgabe gegebenenfalls im Konflikt mit dem unten genannten Mindestvorschub stehen. Die Kammern sollten wegen der Sonneneinstrahlung nach Möglichkeit so angelegt werden, dass die Anschnittflächen nicht nach Süden oder Westen ausgerichtet sind.

Ein neues Konzept sieht anstatt fester Wände die Verwendung von „Silosteinen“ vor, mit denen die Silofläche entsprechend aufgeteilt wird. Die so errichteten Silobegrenzungen sind nur ca. einen Meter hoch und ermöglichen bei Einhaltung eines entsprechenden Böschungswinkels eine Silostockhöhe von bis zu neun Metern – vorausgesetzt, die Siloplatte wurde für eine entsprechende Flächenpressung dimensioniert und man möchte den erhöhten Gärstoffanfall und die zusätzlich erforderlichen Vorkehrungen für die Gewährleistung der Arbeitssicherheit in Kauf nehmen.

Vorschub

Um die Qualität der Silage zu erhalten und die Trockenmasseverluste zu minimieren, ist auf einen ausreichenden Vorschub zu achten. Dieser sollte im Winter ca. einen Meter pro Woche, im Sommer zwei bis drei Meter pro Woche betragen.

Sonstiger Flächenbedarf

Aus der oben dargestellten Berechnung des Lagerraumbedarfs ergibt sich lediglich die erforderliche Lagerfläche. Hinzu kommen die zur Bewirtschaftung des Fahrsilos erforderlichen zu befestigenden Rangier- und Verkehrsflächen.

2.2 Bauliche Ausführung

Da es sich bei Fahrsilos um Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen handelt, sollte die Planung und Errichtung durch entsprechende Fachfirmen erfolgen. Als Bauherr sollten Sie sich vor Auftragsvergabe vom Auftragnehmer eine entsprechende Haftpflichtversicherung schriftlich und objektbezogen bestätigen lassen. Arbeiten in Eigenleistung können Sie in Absprache mit dem Bauunternehmer durchführen.

Bei Fahrsiloanlagen sind die Anforderungen des Anhangs 5 zur Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VAwS) zu beachten. Für detaillierte Angaben zu den baulichen Anforderungen an Fahrsiloanlagen wird auf das [Biogashandbuch Bayern](#), Kapitel 2.2.4.1 verwiesen (dort sind auch die einschlägigen Normen genannt). Im Folgenden werden lediglich einige wichtige Punkte hervorgehoben.

Siloplatte

Die von einer Fachfirma auszuführende Bodenplatte für das Fahrsilo muss flüssigkeitsdicht und beständig sein. Es ist zu gewährleisten, dass Gärtsaft, Sickersaft und verunreinigtes Niederschlagswasser nicht neben die Bodenplatte gelangen können. Die Siloplatte ist so einzufassen, dass kein Oberflächenwasser aus dem umgebenden Gelände einfließen kann.

Bei Ausführung der Siloplatte in Stahlbeton sind die entsprechenden Vorgaben der DIN 11622-2 und DIN 11622-5: Gärfuttersilos und Güllebehälter zu beachten. Bei Ausführung in Asphalt ist insbesondere zu beachten, dass der Hohlraumanteil in der Deckschicht nachweislich kleiner als 3 Vol.-% ist und säurebeständige Zuschlagstoffe (z. B. Silikat basiert) verwendet werden. Es hat sich gezeigt, dass Asphalt insbesondere durch Buttersäure angegriffen wird, welche durch Fehlgärung von Silagen entsteht. Die Bereitung hochwertiger Silage ist daher auch für den Bauwerksschutz wichtig.

Die einzelnen Asphaltsschichten sind gleichmäßig aufzutragen, d. h. das erforderliche Gefälle muss mit dem Unterbau angelegt werden. Für Siloflächen ungeeignet ist die Verwendung einer Trag-Deckschicht, die in einem Zug aufgebracht wird, wie im Wegebau üblich. Der [Verlag der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen \(FGSV\)](#) gibt ein Merkblatt für die Herstellung flüssigkeitsundurchlässiger Asphaltbefestigungen für Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen heraus: MfA-UwS 2016 FGSV-Nr. 760.



Abbildung 1: Einbau einer Trag- und Deckschicht aus Asphalt

Der Unterbau der Siloplatte ist auf Basis eines Baugrundgutachtens zu erstellen. Vorgaben für die Bemessung der Tragfähigkeit der Siloplatte enthalten die Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, die ebenfalls im oben genannten FGSV erscheinen.

Wände

Die Außenwände von Fahrsilos müssen flüssigkeitsundurchlässig ausgeführt werden. Erdgestützte Wände benötigen nach DIN 11622-5 im Einzelfall eine Zulassung durch das [Deutsche Institut für Bautechnik \(DIBt\)](#). Für die Bemessung sind die statische Beanspruchung durch das Lagergut (siehe 4.1), die hydrostatische Beanspruchung durch Gärstoff, Sickersaft und verunreinigtes Niederschlagswasser sowie die Verkehrsbeanspruchung durch Fahrzeuge zu berücksichtigen.

Fugen

Fugen in Fahrsiloanlagen sollten durch nach Wasserhaushaltsgesetz (WHG) zugelassene **Fachfirmen** erstellt und regelmäßig überprüft bzw. gewartet werden. In der Regel handelt es sich um Wartungsfugen, die nach DIN 18540 mit Fugendichtstoffen auszuführen sind. Dauerelastische Fugendichtstoffe dürfen in der Regel nicht mit Silolack überstrichen werden, da hierdurch der Weichmacher im Fugendichtstoff zerstört wird! In der Folge wird die Fuge starr und reißt bei Wand- und Bodendehnung an den Betonflanken ab.

Dränagen

Unter einer Dränage versteht man im Bauwesen das unterirdische Abführen von Schichten- und Sickerwasser mittels gelochter Rohre zum Feuchteschutz von Bauwerken bzw. bebauten Flächen. Eine Flächendränage ist je nach Bodenverhältnissen und örtlichem Bodenwasseraufkommen ab einer versiegelten Fläche von 200 m² vorgeschrieben. Details regelt die DIN 4095: Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung.

Dränagen können auch Gewässerverschmutzungen durch Undichtigkeiten des Fahrsilos anzeigen. Als Betreiber sollten Sie diese daher im Rahmen der Eigenkontrolle in Kontrollschächten überprüfen. Dies ist besonders wichtig in der Phase des größten Sickersaftanfalls nach dem Einsilieren.

Vorzugsweise sind Dränagen über ein Vollrohr in einen eigenen Sammelschacht einzuleiten. Beim Anschluss von Dränagen an Niederschlagswasserleitungen sollte an der Verbindung immer ein Kontrollschacht mit einer Absperrmöglichkeit gesetzt werden. (Kontrollschächte dienen an erster Stelle der Eigenkontrolle durch den Betreiber, erst an zweiter Stelle der Fremdkontrolle durch Behörden!)

Silagesickersaftbehälter

Bei Einleiten des anfallenden Gärstoffes, Sickersaftes und verunreinigten Niederschlagswassers in einen Gülle-/Jauchebehälter, Gärbehälter oder Gärrestlagerbehälter ist das anfallende Volumen bei der Berechnung der Lagerkapazität für den Gärrest zu berücksichtigen. Ist eine solche Einleitung nicht möglich, muss ein ausreichend bemessener Auffangbehälter vorgesehen werden, damit die verunreinigten

Flüssigkeitsströme nicht in den Boden, ins Grundwasser, in oberirdische Gewässer oder in die Kanalisation gelangen. Dabei ist die gesamte Silofläche ohne Abminderungsfaktoren für (teilweise) Abdeckung anzusetzen.

Mit Ausnahme der fugenlos werksgefertigten Auffangbehälter außerhalb von Wasserschutzgebieten sind nur Auffangbehälter mit Leckageerkennung oder gleichwertiger Kontrollmöglichkeit nach Nr. 4 Anhang 5 VAWS zulässig. Auffangbehälter dürfen keinen Ablauf oder Überlauf ins Freie besitzen. Aus Betonringen mit Mörtelfugen zusammengesetzte Behälter sind nicht zulässig und müssen ggf. ersetzt oder mit HDPE-Folie ausgekleidet werden. Bestehende Silosickersaftbehälter sollten mit einer Überfüllsicherung nachgerüstet werden. Bei Anlagen, welche nach dem Dezember 2012 gebaut wurden, ist dies bereits bindend (siehe [Biogashandbuch Bayern](#), Kapitel 2.2.4.1.2). Unterirdische Rohrleitungen sind konstruktiv so auszuführen, dass sie wiederkehrend auf Dichtheit überprüft werden können.

Pumpschächte sind zulässig, bergen jedoch das Risiko von Gewässerverunreinigungen, falls es zum Ausfall der Pumpe kommt. Die Funktionsfähigkeit der Pumpe ist unbedingt regelmäßig (monatlich) und zusätzlich vor dem Einsilieren zu überprüfen. Es wird empfohlen eine Ersatzpumpe zu installieren, die im Notfall automatisch anspringt. Der Pumpschacht darf während eines ortsüblichen Starkregenereignisses nicht überlaufen.

3 Handhabung von Gärssaft, Sickersaft und Regenwasser

Auf der Fläche des Fahrsilos fallen die folgenden Flüssigkeitsströme an:

- **Gärssaft:** die bei der Silagebereitung durch Zellaufschluss oder Pressdruck entstehende säurehaltige Flüssigkeit. Der Gärssaftanfall hängt hauptsächlich vom Trockenmassegehalt des zu vergärenden Siliergutes ab.
- **Sickersaft:** eine wässrige Lösung von Silageinhaltsstoffen, die entsteht, wenn Niederschlagswasser in Flachsilos ohne Überdachung und mit unzureichender Abdeckung während der Lager- und Entnahmepériode durch den Silagestapel sickert und sich mit organischen Stoffen anreichert.
- **Verunreinigtes Niederschlagswasser**, das mit Silage oder Sickersaft in Verbindung gekommen ist. Zu nennen sind hier die Anschnittfläche und die bereits geräumte Siloplatte, auf der sich Silagereste oder Gär- und Sickersaft befinden.
- **Unbelastetes Niederschlagswasser**, das von abgedeckten Oberflächen des Silos abfließt.

Nur unbelastetes Niederschlagswasser darf versickert werden. Das „Abregnen“ von Siloflächen, die nach Entnahme frei werden, ist nicht zulässig. Durch eine geeignete bauliche Ausführung und das entsprechende Management von Teilflächen des Fahrsilos kann der Anfall an organisch belasteten Flüssigkeitsströmen, welche nicht versickert oder in einen Vorfluter eingeleitet werden dürfen, deutlich verringert werden.

Um die Bildung von Pfützen von Gär-/Sickersaft zu vermeiden, muss die Siloplatte ein Gefälle von 1,5 bis 3 % in Längsrichtung der Silokammern und ca. 2 bis 3 % in Querrichtung aufweisen. Die Rinnen in der Platte sind in regelmäßigen Abständen mit Abläufen zu versehen.

Das gesamte Entwässerungssystem der Fahrsiloanlage (Rinnen, Bodenabläufe, Rohrleitungen etc.) muss hydraulisch hinreichend bemessen sein und sollte deshalb von fachkundigen Personen geplant werden. Der Aufsatz von Bodenabläufen sollte die anfallenden Wassermengen auch bei Starkregenereignissen aufnehmen können. Es wird empfohlen, einen Aufsatz von 50 cm x 50 cm, mindestens jedoch von 30 cm x 50 cm Querschnitt zu verwenden. Rohrstützen als Bodenabläufe sind nicht ausreichend und neigen schnell zur Verstopfung. Beim Bau ist darauf zu achten, dass Rohrdurchführungen durch die Bodenplatte dicht eingebaut werden. Bei Betonplatten kann dies z. B. mit einer Dichtmanschette realisiert werden.

4 Betrieb und Wartung von Fahrsiloanlagen

Für das Fahrsilo muss eine Betriebsanweisung des Herstellers vorliegen (Muster siehe Abbildung 2). Diese nennt insbesondere die im Zusammenhang mit dem Betrieb des Fahrsilos möglichen Gefahren für Mensch und Umwelt, Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln zur Abwehr dieser Gefahren sowie Anweisungen zum Verhalten bei Störungen/Unfällen (siehe hierzu auch die Fachinformationen [Sicherheit an Fahrsiloanlagen](#) sowie [Checkliste Prüfpflichten für Biogasanlagenbetreiber](#)).

Name des Betriebes: Hans Mustermann	Betriebsanweisung	Datum:
Arbeitsbereich: Fahrsilo	Tätigkeit: Befüllen, Befahren, Entnahme	Unterschrift:
BEZEICHNUNG		
Böck TraunsteinerSilo®		
GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT		
	<ul style="list-style-type: none"> Fahrzeugverkehr, Fahrzeugabsturz herabstürzende Silagemassen an der Entnahmestelle Absturz von der Anschnittkante oder Fahrsilowand Austritt von wassergefährdeten Stoffen in die Umwelt 	
SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN		
	<ul style="list-style-type: none"> Betreten der Fahrsiloanlage ist für Unbefugte verboten! Unterweisung von Personen! Beteiligte (auch Dienstleister) und Unbeteiligte (Zuschauer)! Begrünung der Aussenerdwälle bis zum Siliertermin Schutz der Silowandplatten mit einer Seitenwandfolie oder mit einem zugelassenen Beschichtungssystem Regelmäßige Überprüfung der horizontalen und vertikalen Fugen und gegebenenfalls Nacharbeiten durchführen. Einlagerung von Füllgut der Füllgutklassen 1, 2a, 2b, 3 Füllhöhe: Winkel darf bis zur Mitte des Silostockes 25° nicht überschreiten. Füllhöhe maximal bei .m Breite m, bei . Breite m Hersteller der Silowände: Böck Silosysteme GmbH, 83342 Tacherting Zulässige Walzfahrzeuge (Gesamtgewicht) : 20 t Regelmäßige Kontrollen nach TRwS 792 und TRwS 793 Nur geeignete Entnahmetechnik mit Fahrerschutzdach einsetzen! Unterhöhungen an der Entnahmestelle vermeiden bzw. sofort beseitigen! Beim Aufdecken der Silofolie wird einen <u>Mindestabstand von 2 Metern zur Anschnittkante</u> eingehalten <u>oder</u> es werden mobile Geländer bzw. ein Anseilschutz mit geeigneten Anschlagpunkten eingesetzt. Fahrsilowände werden gegen Absturz von Personen nach innen und außen gesichert, z.B. durch Geländer oder Anböschung (vertikaler Abstand zwischen Böschung und Wandoberkante 1 m). 	
		
VERHALTEN BEI STÖRUNGEN		
<ul style="list-style-type: none"> Gefahrenbereiche werden unverzüglich abgesperrt! 		
VERHALTEN BEI UNFÄLLEN - ERSTE HILFE - NOTRUF 112		
	<ul style="list-style-type: none"> Durchführung von Sofortmaßnahmen am Unfallort! Rettungswagen/Arzt rufen! Ersthelfer:.....	
Instandhaltung		
<ul style="list-style-type: none"> Fehlende oder beschädigte Absturzsicherungen sofort ersetzen bzw. reparieren! 		
FOLGEN DER NICHTBEACHTUNG		
<ul style="list-style-type: none"> Gesundheitliche Folgen: Möglichkeit von schwersten oder tödlichen Verletzungen! Arbeitsrechtliche Folgen: Abmahnung, Verweis! 		

Abbildung 2: Muster-Betriebsanweisung für Fahrsilo in Kurzform (Quelle: Fa. Böck Silosysteme GmbH; verändert nach Vorlage der Berufsgenossenschaft)

4.1 Silostockhöhe und Profilierung

Die maximale Silostockhöhe ergibt sich aus der zulässigen Lastaufnahme der Silowände und der Flächenpressung der Siloplatte. Die Belastungsgrenzen der Fahrsiloanlagen sind vom Hersteller entsprechend zu dokumentieren, gegebenenfalls sollte die statische Berechnung nachgewiesen werden.

An der Fahrsiloanlage ist nach DIN 11622-5 ein Typenschild anzubringen, das folgende Angaben enthält: Füllgutklasse, planmäßige Füllhöhe an der Fahrsilowand und in der Mitte des Fahrsilos/der Kammern, Jahr der Errichtung, maximales Gewicht der Walzfahrzeuge, Hersteller des Fahrsilos.

In der Regel sollte der Silostock in der Mitte der Kammer maximal 20 % gegenüber der Wandkrone überhöht werden. Niemals darf über Silowände hinweg einsiliert werden! Neben der statischen Belastung ist auch zu berücksichtigen, dass sich ab einer Stapelhöhe von fünf bis sechs Metern der Anfall an Gärssaft deutlich erhöht. Wegen der Verschüttungsgefahr darf der Silostock nicht unterhöhlt werden: die Silostockhöhe darf maximal einen Meter höher sein, als die Reichweite des Entnahmegerätes beträgt! (siehe hierzu die Fachinformation [Sicherheit an Fahrsiloanlagen](#))

4.2 Silomanagement

Geruchsausbreitungsrechnungen zeigen, dass bei fachmännisch ausgeführten Biogasanlagen i. d. R. die Silagen geruchsbestimmend sind. Silagen in Fahrsiloanlagen als bodennahe, windinduzierte Geruchsquellen können im Nahbereich zu einer starken Geruchsbelästigung führen. Beim Neubau von Siloanlagen sollten deshalb möglichst große Abstände zur nächsten Wohnbebauung vorgesehen werden.

Silagen, die nicht ordnungsgemäß konserviert und nicht fachgerecht gehandhabt werden, führen zu erhöhten Geruchsemissionen. Ursachen hierfür sind:

- breitflächig austretender, nicht aufgefangener Gärssaft/Sickersaft, z.B. aus Siloanlagen ohne Seitenwände
- mit Silagen und Sickersäften verschmutzte Fahrflächen sowie
- Fehlgärungen, z. B. aufgrund mangelhafter Verdichtung der Silage.

Bei Silagen, die nicht abgedeckt oder nur durch Ansaat "begrünt" wurden, können sich – abgesehen vom Ertragsverlust durch aerobe Zersetzung an der Oberfläche (siehe hierzu die Fachinformationen [Höhere Verluste bei nicht abgedeckten Silos - Ergebnisse einer Feldstudie](#) und [Bereitung hochwertiger Silage – die Grundlage für hohen Biogasertrag](#)) – die Emissionen durch Fehlgärungen und ggf. vermehrt anfallenden Sickersaft zusätzlich erhöhen. Die Abdeckung von Silagen mit Folien ist deshalb aus ökologischen und ökonomischen Gründen sinnvoll und trägt effektiv zur Geruchsminderung bei. Durch geeignete Bauweise und ausreichende Abdeckung des Siliergutes ist sicherzustellen, dass Niederschlagswasser nicht in den Silagestock eindringt (Auszug aus Nr. 5.3 Anhang 5 VAWS).

Die Anschnitte sollten nach Möglichkeit glatt beziehungsweise senkrecht gefräst sein, um die effektive Oberfläche für die Emission zu minimieren. Für die Entnahme von Silage ist dem Siloschneider grundsätzlich der Vorzug vor dem Frontlader zu geben, da letzterer die Anschnittfläche stark aufreißt. Um die Emissionsfläche gering zu halten, ist die Entnahme so zu organisieren, dass möglichst wenige Silokammern gleichzeitig geöffnet sind. Wenn möglich, sollten die Anschnitte der Silagekörper vor direkter Sonneneinstrahlung, Niederschlagswasser und starkem Winddruck geschützt, da bei hohen Temperaturen und/oder Feuchtigkeit von den Anschnittflächen zum Teil erheblich höhere Geruchsemissionen ausgehen.

Grundregeln für den emissionsarmen Betrieb von Fahrsiloanlagen:

- Das Silo niemals überfüllen!
- Niemals über Silowände hinweg einsilieren!
- Siloplatten und Rangierflächen ständig sauber halten!
- Ablaufrinnen und Abläufe ständig freihalten und nicht mit Siliergut überlagern!
- Silostock und Anschnittflächen, vor Niederschlagswasser schützen!
- Große Anschnittflächen vermeiden und nur so viele Silokammern gleichzeitig öffnen, wie unbedingt erforderlich!

5 Schutz- & Vorsorgemaßnahmen, Schadensbilder und Sanierungsmöglichkeiten

Die dauerhafte Dichtheit eines Fahrsilos in Bezug auf den Austritt organisch belasteten Wassers kann ohne Einrichtungen zur Leckageerkennung nicht nachgewiesen werden. Umso wichtiger ist es daher, dass Sie als Betreiber **die Fahrsiloanlage regelmäßig auf Bauschäden überprüfen und auch kleinste Anzeichen von Leckagen keinesfalls ignorieren!** Dies dient nicht nur dem Umweltschutz, sondern auch dem Werterhalt des Bauwerks.

5.1 Schutzmaßnahmen für die Oberflächen

Silowände und Böden aus Beton sind grundsätzlich vor Gärstoff zu schützen. Silowand-Anstriche auf Dispersionsbasis oder Bitumenbasis sind jährlich zu erneuern. Beschichtungen auf Epoxidharzbasis weisen eine Haltbarkeit von fünf bis zehn Jahren auf. Fugen mit dauerelastischen Dichtstoffen dürfen keinesfalls überstrichen werden, da hierdurch der Weichmacher im Fugendichtstoff zerstört wird! Durch den Einsatz von Seitenwandfolien erreicht man einen sehr guten Schutz der Oberflächen der Silowände.

5.2 Vorbereitungen vor dem Einsilieren

Der Zeitraum vor dem Einsilieren sollte genutzt werden, um die Fahrsiloanlage auf bauliche Schäden zu überprüfen, gegebenenfalls Schutzanstriche zu erneuern und notwendige Reparaturmaßnahmen durchzuführen bzw. zu beauftragen.

Reinigung der Silo-Anlage

- Gründliches Entfernen sämtlicher Silagereste von Wänden und Boden
- Nassreinigen des Silos mittels Wasserstrahl; von einer Reinigung mit Hochdruck oder Dampfstrahl wird abgeraten, um eine Beschädigung der Oberflächen zu vermeiden
- Überprüfung der Fugen an den Plattenstößen bzw. am Boden-Wand-Anschluss auf Beschädigungen – falls erforderlich: Fugen erneuern
- Silowände und Bodenplatten auf Schäden (Risse, Ausbrüche, o. ä.) prüfen
- Siloschutzanstrich überprüfen (jährliche Erneuerung empfohlen!) oder durch Beschichtung ersetzen

Überprüfung des Entwässerungssystems

- Entwässerungssystem sorgfältig spülen und reinigen, evtl. bestehende Ablagerungen beseitigen
- Funktionsfähigkeit des Entwässerungssystems überprüfen
- Alle Verschlüsse, Deckel, Schieber auf Funktionstüchtigkeit testen
- Silagesickersaftbehälter entleeren und auf Schäden kontrollieren

5.3 Schadensbilder und Sanierungsmöglichkeiten

Bei erkennbaren Beschädigungen des Bauwerks sind möglichst rasch Reparaturmaßnahmen einzuleiten, um kostenträchtige Folgeschäden zu vermeiden. **Reparaturen sollten generell durch Fachfirmen vorgenommen werden, um den Betreiber vor Haftungs-/Gewährleistungsrisiken zu schützen.** Sofern Sie als Betreiber Gewässerverunreinigungen feststellen, die im Zusammenhang mit dem Betrieb des Fahrsilos stehen können, besteht die **gesetzliche Verpflichtung, die Kreisverwaltungsbehörde zu informieren.**

Bei fortgeschrittenen Schäden am Bauwerk ist zu erwarten, dass ein ordnungsgemäßer Betrieb der Fahrsiloanlage in Bezug auf die Standsicherheit und den Umweltschutz auch durch Sanierungsmaßnahmen nicht mehr hergestellt werden kann. In schwer wiegenden Fällen kann die zuständige Behörde die Stilllegung und Räumung der Fahrsiloanlage anordnen.

6 Quellenverzeichnis

Architekt Aberle Josef: „Kein Pfuscher beim Silobau“. BWagrar 13(2016), S. 31f.

Architekt Aberle Josef: „Silo richtig bauen“. BLW Heft 15(2016), S. 32f.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL):
Faustzahlen Biogas, 3. Ausgabe, Darmstadt: 2013

Zitiervorlage:

Aberle, J.; N.N. (2016): Anforderungen an die Ausführung, den Betrieb und die Wartung von Fahrsiloanlagen. In: Biogas Forum Bayern Nr. IV - 14/2016, Hrsg. ALB Bayern e.V., <http://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/Technik/16.html>, Stand [Abrufdatum].

Das „Biogas Forum Bayern“ ist eine Informationsplattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern.

Arbeitsgruppe IV (Bau- und Verfahrenstechnik)

Hier erarbeiten Experten Publikationen zu folgenden Themen:

- Sicherheit und Emissionen
- Funktion und System/Standort

Ständige Mitglieder der Arbeitsgruppe IV (Bau- und Verfahrenstechnik)

- ABB Automation Products GmbH
- AEROLOG - Gesellschaft für Informationslogistik
- Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Neustadt a.d. Saale
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung
- Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Biogas Beratung Barth
- ennox biogas technology
- Fachverband Biogas e.V.
- Gutachtergemeinschaft Biogas
- Landratsamt Neuburg-Schrobenhausen
- Regierung von Oberbayern (Gewerbeaufsichtsamt) und Oberfranken
- RegPower GmbH
- Siemens AG
- SVLFG Berufsgenossenschaft
- Technologiezentrum Energie–Hochschule Landshut
- Technische Hochschule Ingolstadt
- UGN Umwelttechnik GmbH



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