

Schlauchsilierung - Verfahrensbeschreibung und Bewertung



www.biogas-forum-bayern.de/bif51

Biogas Forum Bayern, Verfasser:

Barbara Misthilger, Stefan Thurner
Bayerische Landesanstalt für
Landwirtschaft

Jens Mildner
BAG Budissa
Agroservice GmbH

Helmut Möhrle
LfU

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, 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 Praxis

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, ALB
- ▶ Biogas Forum Bayern (BiF),
Leitung: Dr. Martin Müller, ALB
- ▶ Landtechnik Forum Bayern (LaF),
Leitung: Dr. Markus Demmel, LfL-ILT

Förderer



Bayerisches Staatsministerium 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

2. Auflage 2024

© ALB Alle Rechte vorbehalten

Titelfoto BAG Budissa

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	4
2. Folienschlauchtechnologie	4
3. Qualitätsbeeinflussende Parameter	6
3.1 Schneller und nahezu vollständiger Luftabschluss	6
3.2 Verdichtung	7
3.3 Vorschub.....	8
4. Entnahme aus dem Folienschlauch.....	9
5. Flächen zur Schlauchablage.....	10
5.1 Flächenbedarf.....	10
5.2 Anforderungen des Gewässerschutzes.....	10
6. Ökonomische Betrachtung.....	12
7. Bewertung.....	13
8. Folientunnel (Silospeed).....	14
9. Literatur	15

1. Einleitung

Der technische Fortschritt in der Landtechnik verändert ständig auch die Silageerntekette. Wir erreichen heute beim Schwaden, Häckseln und beim Transport sehr hohe Leistungsdimensionen. Die Verdichtungsleistung im Silo wird dabei immer mehr zum Nadelöhr. Kann die Silopresse (unter der Voraussetzung gleicher Qualität wie im Fahrsilo) eine Alternative zu üblichen Lagerverfahren sein?

Das Verfahren der Konservierung im Folienschlauch wurde bereits vor 55 Jahren entwickelt

und ist als Alternative zu Fahr- und Hochsilos zu sehen. Technische Weiterentwicklungen führten zu Leistungssteigerungen und arbeitswirtschaftlichen Erleichterungen.

Dieses Verfahren eignet sich zur Konservierung oder Lagerung von Mais (Silomais, LKS, CCM, Maiskorn), Getreide (GPS, Korn, Schrot) und Zuckerrüben (Pressschnitzel). Ebenso können Anwelkgüter wie Ackergras, Luzerne, Klee und Wiesengras mit der Rotormaschine im Folienschlauch konserviert werden.

2. Folienschlauchtechnologie

Tab. 1: Verschiedene Bauarten von Silopressen

Bauelemente der Silopressen	Einsatzspektrum	Verdichtungsleistung [t FM/h]
Futtertisch, Rotor; Steuerung der Verdichtung mit Gitter oder Anker	Grobfutter (Gras, Mais, Luzerne, GPS), Nebenprodukte (Pressschnitzel, Biertreber) u. a.	bis 200
Trichter und Schnecke	Rieselfähiges Schüttgut: Druschfrüchte (trocken und feucht), Düngemittel, Streusalz, Industrienebenprodukte	bis 300
Trichter und Schiebeschild	Kompostierung, organische Reststoffe, ganze Zuckerrüben	bis 140
Trichter, Mühle und Schnecke	Feuchtgetreide, Feuchtmais, Körnerleguminosen, Raps, Zuckerrüben, Industrienebenprodukte	bis 40
LKW mit Tunnel	Treber	

Je nach eingelagertem Futtermittel bzw. Getreide werden Silopressen in verschiedenen Bauarten angeboten (ohne oder mit Zerkleinerung, roh-faserhaltiges Erntegut oder rieselfähiges Schüttgut usw.) (vgl. Tab. 1). Allen gemeinsam ist die Lagerung/Konservierung in einem Polyethylen-Folienschlauch.

Bei klassischen Silopressen bzw. Rotormaschinen wird das Futter in den Futtertisch abgekippt. Ein Gummi-Förderband oder Kratzboden bringt das Futter zum Rotor, dieser wiederum fördert es durch den Presstunnel in den Folienschlauch.

Um das eingelagerte Futter zu verdichten, bedient sich die Silopresse eines einfachen Bremsprinzips: am Schlauchanfang befindet sich ein großes Stahlgitter, welches über Drahtseile an beiden Seiten des Folienschlauches mit der Maschine verbunden ist. Die Drahtseile sind auf Seiltrommeln aufgewickelt. Alternativ zum hier beschriebenen Bremssystem (Gitter + gebremste Seile) ist auch die Verdichtung über einen Anker im Folienschlauch möglich.

Beim Silieren in den Folienschlauch erzeugt das eingelagerte Futter einen kontinuierlichen Vorschub durch das Einpressen des Siliermaterials

in den Siloschlauch. Dabei wickeln sich die Drahtseile von den Seiltrommeln ab. Für die Verdichtung des Futters im Folienschlauch werden die Seiltrommeln angebremst. Die Einstellung des korrekten Bremsdruckes bezeichnet man als die sog. „Pressdruckregulierung“.

Der Pressdruck kann je nach Futtermittel und Untergrund ganz unterschiedlich sein. Als Kontrolle für die korrekte Einstellung des Pressdrucks dienen seitlich am Schlauch aufgedruckte Dehn-

streifen, deren Dehnungsmaß der Maschinenbediener mit einem Massstab überprüft. Ziel ist eine Dehnung der Folie um maximal 10 %.

Der Antriebsschlepper ist fest mit der Silopresse verstrebt und steht auf Neutralstellung. Somit schiebt die Silopresse den Schlepper mit nach vorne. Der Schlepper treibt die Silopresse mechanisch (Zapfwellenantrieb für den Rotor) und hydraulisch (Antrieb von Futtertischband/-kratzboden, Dosierwalzen etc.) an (siehe Abb. 1).



Abb. 1: Funktionsschema einer Schlauchpresse mit Gitter (Quelle: Firmendarstellung Budissa, 2023)

Zur Befüllung der Silopresse kommen Rückwärtskipper und Ladewagen zum Einsatz. Ähnlich der Einlagerung im Fahrsilo kommt es auch hier darauf an, einen konstanten Massenstrom zu verarbeiten. Um einen Stillstand der Silopresse zu vermeiden, ist daher eine durchgängige Transportkette zu gewährleisten. Die durchschnittliche Leistung der gängigen Maschinentypen liegt bei 100 Tonnen Frischmasse je Einsatzstunde – speziell für Biogasanlagen mit großen Anlieferleistungen gibt es neue Silopressen (Ankermaschinen) mit Leistungen bis zu 200 Tonnen Frischmasse je

Einsatzstunde. Die verfügbaren Schlauchdurchmesser liegen im Bereich zwischen 1,50 m und 3,60 m, in Schlauchlängen von ca. 30 m bis zu 150 m. Damit können z. B. bis zu 950 t Maissilage in einem Schlauch gelagert werden. Die Tab. 2 veranschaulicht, wie in Abhängigkeit von Schlauchdurchmesser und Frischmasseerntemenge die Anzahl der notwendigen Schläuche bestimmt werden kann. Nach erfolgter Befüllung werden die Schläuche direkt verschlossen und mit Schutznetzen überzogen. Im Vergleich zum Fahrsilo entfällt das Abdecken mit Silofolie.

Tab. 2: Mengenkalkulationen für verschiedene Anlagengrößen (Wagner, 2008)¹

Schlauchdurchmesser (m)	Füllmenge (t/lfd. m) ²	Anzahl notw. Schläuche á 75 m Nennlänge ³ bei Biogasanlagenleistung (install. elektr. kW-Leistung kW _{el} (und dafür benötigte Menge Maissilage in t))					
		75 (1.330)	150 (2.600)	250 (4.300)	350 (6.400)	500 (9.000)	1.000 (17.100)
2,4	3,0	7	13	21	32	44	84
2,7	3,8	5	10	17	25	35	67
3,0	4,7	4	8	14	20	28	54
3,3	5,6	3	7	11	17	23	45
3,6	6,7	3	6	9	14	20	37

¹ Biogas Journal Heft 2/08, S. 58-63, siehe auch Faustzahlen Biogas, KTBL 2009, S. 80-83

² Lagerungsdichte 0,6 t/m³

³ Ankermaschine ermöglicht 150 m Schlauchlänge und halbiert die Anzahl Schläuche

Die aus Polyethylen gefertigte Schlauchfolie hat i. d. R. in Abhängigkeit vom Schlauchdurchmesser eine Nenndicke von > 200 µm. Die Standardfolie besteht aus 3 einzelnen Folienschichten um den notwendigen, hohen Qualitätsanforderungen gerecht zu werden (Reißfestigkeit, Reißdehnung). Im Vergleich dazu: Handelsübliche Silofolien werden ebenfalls aus Polyethylen hergestellt, weisen aber meist die halbe Nenndicke von 120-200 µm auf.

eine neuere Folienqualität. Diese besteht aus 7 Schichten und ist dadurch insgesamt stabiler. Dadurch konnte die Schlauchdicke verringert und in Folge dessen der Rohstoffeinsatz um ca. 20 % reduziert werden.

Neben dem Standardfolienschlauch gibt es

3. Qualitätsbeeinflussende Parameter

3.1 Schneller und nahezu vollständiger Luftabschluss

Aus Sicht des Konservierungsprozesses bietet das Folienschlauchverfahren durch den schnellen und nahezu vollständigen Luftabschluss gute Voraussetzungen für eine verlustarme Silierung unter anaeroben Bedingungen (Schiel und Winter, 1996). Abb. 2 veranschaulicht diese deutlich geringeren Silierverluste des Folienschlauchverfahrens gegenüber dem Fahrsilo. Es wurden hierzu auch Forschungsprojekte durchgeführt, unter anderem speziell zu Pressschnitzeln (Weber, 2006), zu Feuchtgetreide (Matthiesen, 2008) und Biertreber (Weber, 2009).

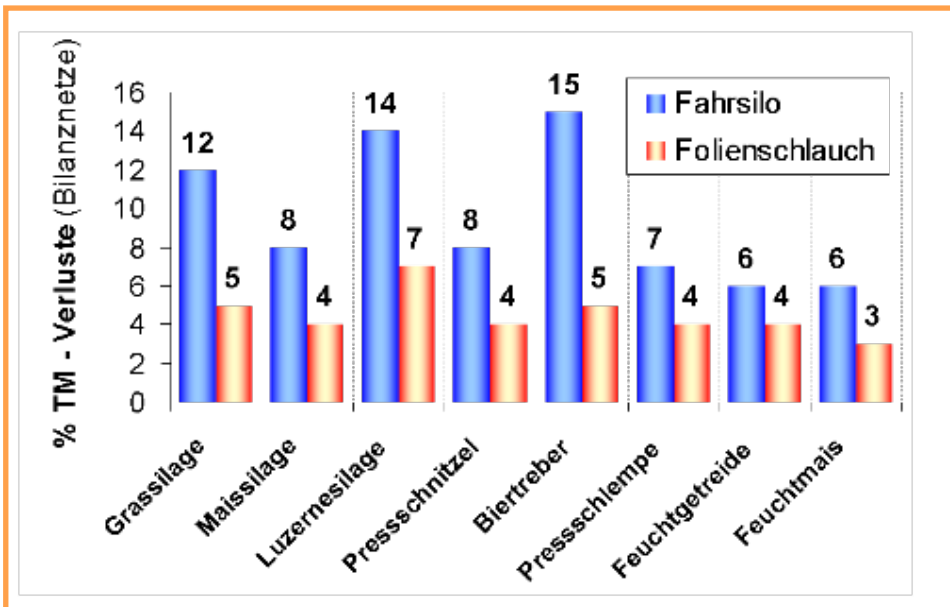


Abb. 2: Silierverluste im Fahr- bzw. Folienschlauchsilo (Mittelwerte aus Silierversuchen, z. T. unterschiedliche Grundgesamtheiten) (Steinhöfel, 2010)

3.2 Verdichtung

Wie bei allen Silierverfahren hat auch bei den Silopressen die Verdichtung einen entscheidenden Einfluss auf die Stabilität am offenen Anschnitt und somit auf die vorgelegte Silagequalität. Die Lagerungsdichte beeinflusst den Gasaustausch am geöffneten Silo während der Entnahmephase in entscheidendem Maße. Die Verdichtung im Folienschlauch wird einerseits durch die Qualität des Ernteguts (Schnittzeitpunkt) beeinflusst. Hier gilt es die gute fachliche Praxis bezüglich dem

Ziel-TM-Gehalt des jeweiligen Siliergutes bei entsprechend angepassten Schnitt- bzw. Häcksel-längen einzuhalten. Darüber hinaus ist auch der richtige Einsatz der Maschine (Einstellung) durch geübte Maschinenbedienung (Know How und Erfahrung) von großer Bedeutung.

Für die Bestimmung der Dichte von Silagen wurde an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) ein speziell hierfür entwickelter Dichteborher eingesetzt (vgl. Abb. 3).



Abb. 3 + 4: Dichteborher im Einsatz (Quelle: LfL-ITE)

Ähnlich wie im Fahrsilo ist mit geringeren Verdichtungen im äußeren Randbereich des Siloschlauchs zu rechnen. An der LfL wurden in einem mehrjährigen Versuch (2015-2017) Pressschnitzel mit unterschiedlichen TM-Gehalten mit dem Verfahren der Schlauchsilierung einsiliert. Dabei wurde die Technik der Rotorabfüllung (Typ Rotor Bagger; Hersteller BAG Budissa Agroservice GmbH) zum einen verwendet und als zweite Variante die direkte Übergabe des Materials aus dem LKW, das mit horizontalen Verdichtungsschnecken in den Schlauch presst wurde (Typ Truck-Bagger; Hersteller BAG Budissa Agroservice GmbH). Bei den Schläuchen der Rotorbefülltechnik konnten dabei deutlich höhere Dichten (299 kg TM/m^3) als im Vergleich zu den LKW-Schläuchen (245 kg TM/m^3) festgestellt werden. Weitere Informationen zum Versuch sind online

unter <https://www.lfl.bayern.de/ite/futterwirtschaft/150877/index.php> abrufbar.

Weitere Messungen zur Verdichtung wurden von Maack (2009) an der Universität Bonn im Rahmen seiner Dissertation durchgeführt: „Die gemessene durchschnittliche Lagerungsdichte lag mit Werten von 170 bis 220 kg TM/m^3 bei Silomais und 150 bis 200 kg TM/m^3 bei Grassilage auf ähnlichem Niveau wie es auch in früheren Studien an Flachsilos festgestellt wurde. Auffällig waren die großen Dichtedifferenzen zwischen Schlauchkern und den Randbereichen nahe der Folie mit 25 bis 35% je nach Siliergut.“ Insbesondere bei Gras sind die Streuungen in Abhängigkeit vom TM-Gehalt sehr groß (vgl. Abb. 5). Die Schnittlänge - als wichtige Einflussgröße auf die Verdichtung - wurde hier nicht separat erfasst.

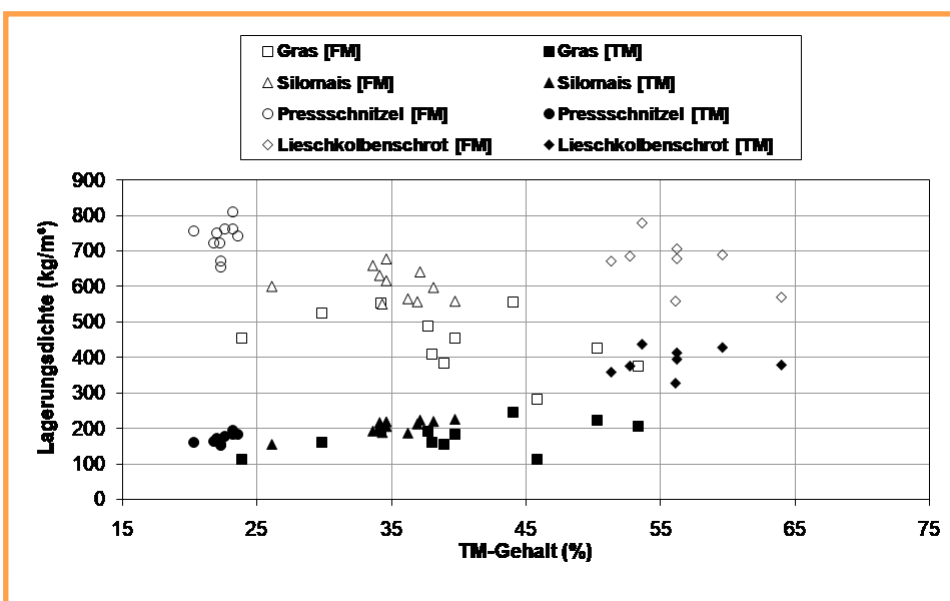


Abb. 5: Lagerungsdichte der Trocken- und Originalsubstanz in Abhängigkeit des Trockenstoffgehaltes (arithmetisches Mittel aus jeweils 10 Proben) (Maack, 2009)

3.3 Vorschub

Eine gute Verdichtung im Silo ist Grundvoraussetzung für die optimale Futterqualität bei der späteren Entnahme. Nur so kann ein zu hoher Sauerstoffeintritt an der Anschnittsfläche verhindert werden. Weitere Einflussfaktoren sind:

- ▶ Lage des Silierschlauchs: Himmelsrichtung des Anschnittes soll nicht gegen Süden (Sonneneinstrahlung) und nicht gegen Westen (Wetterseite) gerichtet sein.
- ▶ Vorschub: Beim Folienschlauch empfiehlt sich ein Vorschub von täglich $30 - 50 \text{ cm}$ im Winter und $60 - 100 \text{ cm}$ im Sommer. Dies ist durch die Wahl des passenden Schlauchdurchmessers gewährleistet
- ▶ Siliermittel: Um die aerobe Stabilität der Silage am Anschnitt zu erhöhen ist die klare Empfehlung Siliermittel der Wirkungsrichtung 2

einzusetzen. Besonders bei sehr stärke- und zuckerreichen Siliergütern, die ein hohes Gefahrenpotential für Nacherwärmung und Schimmelbildung haben.

- ▶ Entnahmetechnik: Bei der Entnahme ist der verbleibende Anschnitt möglichst nicht aufzulockern.

Werden diese Faktoren nicht berücksichtigt, kann es (wie bei jeder Siliermethode) zu Nacherwärmungen bis zum kompletten Verderb (Abb. 6) kommen. Jede Temperaturerhöhung bedeutet TM-Verluste und somit Energieverluste. Bei +10°C Temperaturerhöhung ist mit 2 – 3 % TM-Verlusten je Tag zu kalkulieren (Quelle: Dr. J. Thaysen, LWK SH).



Abb. 6: Verderb durch Schimmelpilze in Pressschnittsilage (Quelle: LfL)

Die vglw. kleine Anschnittfläche des Folienschlauches ermöglicht gerade bei kleineren Biogasanlagen durch einen hohen Vorschub die Qualitätserhaltung. Größere Biogasanlagen entnehmen i. d. R. täglich derart große Silagemengen, dass Qualitätsverluste nach Schlauchöffnung durch den hohen Vorschub unbedeutend sind. **Controlling:** Folienschläuche sind vor Folienverletzungen zu

schützen und auch laufend daraufhin zu prüfen. Beschädigungen an der Folie führen zu enormen Verlusten an Silagequalität und Mengen. Zum prophylaktischen Schutz können Siloschutznetze über die Schläuche gezogen werden. Zur Beschwerung eignen sich Sandsäcke, die ggf. mit Schnüren verbunden werden und dadurch besser am Schlauch anliegen.

4. Entnahme aus dem Folienschlauch

Für die Entnahme eignet sich die aus der Fahr-siloentnahme bekannte Mechanisierung. Grundsätzlich ist eine effiziente Entnahme aus dem Folienschlauch bei Berücksichtigung einiger Grundregeln möglich. Wichtig ist dabei der richtige Anschnitt der Folie. Dieser dauerte nach Untersuchungen an der Universität Göttingen (Kirchhoff, Wegener, 2009) in der Regel nicht länger als zwei Minuten.

Der Schlauch sollte ca. 20 cm über dem Boden seitlich beginnend und halbkreisförmig über den ganzen Querschnitt in U-Form aufgeschnitten werden. Des Weiteren sollte die Schlauchfolie auf dem Boden in der Länge liegen bleiben, dass mindestens eine Achse des Entnahmefahrzeugs auf der Folie steht (vgl. Abb. 7). Dadurch kann mit leichtem Druck auf der Folie geschürft werden, ohne dass sich diese verschiebt.



Abb. 7 + 8: Entnahme am sorgfältig abgelegten Siloschlauch (Quelle: BAG Budissa)

Die Entnahmeleistung hängt grundsätzlich sowohl vom Substrat als auch von der Entnahmetechnik ab. Ein häufig angewendetes Verfahren ist die Schaufelentnahme, wobei deren Vorteil, eine zügige Entnahme, durch längere Transportstrecken kompensiert werden kann. Der Schlauchdurchmesser spielt für die Entnahmeleistung nur bei den Fräsverfahren eine signifikante Rolle. Bei Lagerung der Schlauchsilagen auf befestigten Flächen und unter Einhaltung der Empfehlungen zum Anschneiden der Schläuche konnte in der Praxis beobachtet werden, dass sich die Handarbeit minimiert, weniger Folienreste im Futter vorhanden sind und weniger Futterreste um den Silostock verteilt liegen. Darüber hinaus hat das Geschick des Fahrers einen großen Einfluss auf den Erfolg der Entnahme des entnommenen Futters (Kirchhoff, Wegener, 2009).

Die Entnahmeleistung hängt grundsätzlich sowohl vom Substrat als auch von der Entnahmetechnik ab. Ein häufig angewendetes Verfahren ist die Schaufelentnahme, wobei deren Vorteil, eine zügige Entnahme, durch längere Transportstrecken kompensiert werden kann. Der Schlauchdurchmesser spielt für die Entnahmeleistung nur bei den Fräsverfahren eine signifikante Rolle. Bei Lagerung der Schlauchsilagen auf befestigten Flächen und unter Einhaltung der Empfehlungen zum Anschneiden der Schläuche konnte in der Praxis beobachtet werden, dass sich die Handarbeit minimiert, weniger Folienreste im Futter vorhanden sind und weniger Futterreste um den Silostock verteilt liegen. Darüber hinaus hat das Geschick des Fahrers einen großen Einfluss auf den Erfolg der Entnahme des entnommenen Futters (Kirchhoff, Wegener, 2009).

5. Flächen zur Schlauchablage

5.1 Flächenbedarf

Bei der Projektplanung ist mit einem Flächenbedarf von durchschnittlich 1,0 m²/t FM Silage (Einlagerungsmenge) zu rechnen. Diese Faustzahl für den Schlauchdurchmesser 2,7 m berücksichtigt die Ablagefläche für die Schläuche, den Abstand zwischen den Schläuchen sowie den Platz für das Rangieren beim Befüllen der Maschine

und der späteren Entnahme. Mit zunehmendem Schlauchdurchmesser sinkt der Flächenbedarf. Im Jahresverlauf können über die verschiedenen Vegetationsperioden Ablageflächen für nachfolgend abreifende Substratmengen frei werden (z. B. Gras und Mais). Hierdurch können bis zu 15 % der Fläche eingespart werden.

5.2 Anforderungen des Gewässerschutzes

Silagesickersäfte dürfen nicht in den Boden, ins Grundwasser, in oberirdische Gewässer oder in die Kanalisation gelangen. Silagesickersaft ist Gärtsaft (durch Zellaufschluss oder Druck entstehende saure Flüssigkeit

und verunreinigtes Niederschlagswasser.

Um das Entstehen von Gärtsaft zu vermeiden, muss der TM-Gehalt des Ernteguts mindestens 30 % betragen. Folienschläuche sind grund-

sätzlich auf dichten Bodenflächen zu lagern. Anfallende Silagesickersäfte sind aufzufangen. Für die Lagerung von Silage sind die Anzeige-, Fachbetriebs- und Prüfpflichten der [Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen](#) (AwSV) zu beachten. In der AwSV wird unterschieden in Silos für Gärfutter (JGS-Anlagen) und in Silos für Gärsubstrate (Biogasanlagen). Der Landwirt hat den ordnungsgemäßen Betrieb und die Dichtheit der Anlagen regelmäßig zu überwachen. Ergibt sich dabei der Verdacht auf Undichtheiten, hat er unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen zu ergreifen, um ein Austreten der Stoffe zu verhindern, sowie unverzüglich die zuständige Behörde zu benachrichtigen. Steht der Landwirt als Verursacher einer schädlichen Boden- oder Gewässerverunreinigung fest, kann dies ordnungsrechtliche oder sogar strafrechtliche Konsequenzen nach sich ziehen.

Folienschläuche als ortsfeste Anlage auf dichter Bodenplatte

Geeignete wasserundurchlässige und beständige Bauweisen aus Stahlbeton und Asphalt für Silos werden im ALB-Beratungsblatt [„Fahrsilobau nach Anlagenverordnung \(AwSV\)“](#) beschrieben. Siloflächen aus Asphalt können fugenlos hergestellt werden. Eine Unterteilung der Silofläche mit Stellwänden ist nicht erforderlich. Folienschläuche auf dichten Bodenplatten müssen mit einem ausreichend bemessenen Auffangbehälter für Silagesickersaft versehen sein, sofern ein Einleiten in den Gülle-, Jauchebehälter oder Fermenter nicht möglich ist. Behälterfugen, z. B. der Anschlusspunkt Bodenplatte/Wand, müssen schnell und zuverlässig auf Dichtheit prüfbar sein. Bei JGS-Anlagen sind Auffangbehälter mit einem Gesamtvolumen vom mehr als 25 Kubikmeter sowie alle Behälter in Wasserschutzgebieten mit einem [zugelassenen Leckageerkennungssystem](#) auszurüsten, vgl. Anlage 7 AwSV. Die Bemessung, die Bauweisen sowie die Überwachung der Auffangbehälter und die Anforderungen an die Fahrsilos werden in der [Technischen Regel wassergefährdender Stoffe](#) (TRwS) 792 (DWA-

Arbeitsblatt vom August 2018) „Jauche-, Gülle- und Silagesickersaftanlagen (JGS-Anlagen) ausführlich beschrieben, siehe auch [ALB-Infobrief „Anforderungen der AwSV DWA-A 792 TRwS bei JGS-Anlagen“](#). Bei Biogasanlagen sind insbesondere § 37 AwSV und die TRwS 793-1 (DWA-Arbeitsblatt vom März 2021) „Biogasanlagen Teil 1: Errichtung und Betrieb von Biogasanlagen mit Gärsubstraten landwirtschaftlicher Herkunft“ zu beachten. Die TRwS 793-1 verweist teilweise auf die TRwS 792.

Folienschläuche auf landwirtschaftlichen Flächen

Folienschläuche sind in der Regel auf dichten Bodenflächen mit Ableitung in Sammelbehälter zu lagern. Diese Bauweise kann nicht durch Folienschläuche auf landwirtschaftlichen Flächen ersetzt werden. Folienschläuche auf landwirtschaftlichen Flächen können jedoch Foliensilos ohne dichte Bodenplatte ersetzen, die nur für Produktionsspitzen ausnahmsweise anstelle von ortsfesten Anlagen angelegt werden dürfen. Werden Ernteüberhänge in Schlauchsilos auf landwirtschaftlichen Flächen gelagert, gelten für diese die Anforderungen des [LAWA-Merkblattes „Wasserwirtschaftliche Anforderungen an die Lagerung von Silage und Festmist auf landwirtschaftlichen Flächen unter sechs Monaten“](#). Schlauchsilos mit Silage unter 30 % TS sind immer in ortsfesten, flüssigkeitsundurchlässigen Anlagen zu lagern.

6. Ökonomische Betrachtung

Mechanisierungskosten

Ist die Eigenmechanisierung geplant, sind zur Berechnung der Verfahrenskosten neben den Kosten für Abschreibung, Zinsen und Reparaturen für die Silopresse, auch die Schlepper-, Lohn- sowie Folienkosten zu berücksichtigen. Bei einer jährlichen Auslastung der Silopresse von 230 ha Silomais für eine 500 kW Anlage summieren sich nach KTBL (2009) die jährlichen Verfahrenskosten für das Folienschlauchverfahren auf ca. 6,40 Euro je Tonne eingelagerter Frischmasse (inkl. Siloplatte) (Tab. 3). Diese setzen sich zu zwei Dritteln aus fixen (4,10 EUR/t FM) und zu einem Drittel aus variablen Kosten (2,30 EUR/t FM) zusammen.

Ist der Zukauf als Dienstleistung geplant, muss der Auftraggeber aus Erfahrung mit einem Dienstleistungspreis in Höhe von sieben bis acht Euro je Tonne eingelagerter Frischmasse rechnen. Dieser Preis berücksichtigt dabei die Silopresse, den Schlepper, den Lohn sowie die Silofolie. Die Siloplatte ist hier nicht enthalten. Eine aktuelle Berechnung anhand von Daten der Firma Budissa ergibt auf Basis der Kosten für 2024 ähnliche Beträge für die Einlagerung in einen Siloschlauch: bei 9000 t jährlich einzulagernder Frischmasse fallen fixe Kosten in Höhe von ca. 4,30 € und variable Kosten in Höhe von ca. 2,90 € an. Insgesamt ergeben sich nach dieser Berechnung damit 7,20 € pro Tonne eingelagerte Frischmasse.

Tab. 3: Investition und Kosten von Siloanlagensystemen (KTBL, 2009)

	Einheit	Fahrsilo	Traunsteiner System	Folienschlauch mit Bodenplatte
Nutzungsdauer	Jahre	20	20	Bodenplatte 20 Silopresse 8
Investitionsbedarf:				
Spezifische Investitionen pro Lagervolumen	€/m ³	16,37	17,48	15,14
Investitionsbedarf System	€	273.400	247.700	248.300
Kosten¹:				
Jährlich Fixkosten	€	19.200	17.400	22.200
Jährliche Variable Kosten ²	€	53.800	49.300	40.000
Jährliche Kosten	€	73.100	66.700	62.200
Fixkosten je Tonne Silage	€/t FM	1,93	1,76	2,30
Variable Kosten je Tonne Silage	€/t FM	5,40	4,99	4,10
Kosten je Tonne Silage ²	€/t FM	7,32	6,75	6,40

¹ Biogasanlage mit 500 kWel und 230 ha Mais entspricht 9.281 t FM Mais

² Variable Kosten beinhalten Verdichtung am Fahrsilo 2 €/t FM, Schlepperkosten für Silopresse, Folienkosten sowie wertmäßigen Lagerungsverlust unter Annahme des Wertes der Maissilage von 35 €/t FM

Weitere Aspekte

Unabhängig der Eigen- oder Fremdmechanisierung ist bei der umfassenden Verfahrensbewertung der Lagerplatz für die Siloschläuche zu

berücksichtigen. Eine eventuell für die Genehmigung erforderliche wasserundurchlässige Lagerplatte könnte entsprechend höhere Kosten verursachen.

Ökonomisch schwer zu greifen ist der Effekt der Silopresse auf die vorgelagerte Ernte-Logistik. Die Abhängigkeit zwischen dem Transportfahrzeug und der Silopresse ist deutlich größer als bei einem Alternativverfahren die Abhängigkeit zwischen dem Transportfahrzeug und etwa dem Radlader im Fahrsilo. Durch gleichmäßige Arbeit der Silopresse und damit standardisierte Verdichtung ist aber auch die wichtige Forderung erfüllt, dass das „Tempo“ in der Erntekette nicht durch die Erntemaschine (z. B. Feldhäcksler), sondern durch die Einlagerungstechnik bestimmt wird. Um unnötige Wartezeiten der Silopresse zu vermeiden, sind ausreichend Transporteinheiten vorzuhalten. Größere Transporteinheiten können die anteiligen Rangier- und Entladezeiten verkürzen.

Folienschläuche können nicht nur schneller verschlossen werden, auch insgesamt sind geringere Lagerverluste zu erwarten. Die Minimierung der Lagerverluste ist ein wichtiger Ansatz zur Erhöhung der Substrateffizienz und damit Verringerung des Flächeneinsatzes einer Biogasanlage. Diese geringeren Lagerverluste müssen als geldwerter Vorteil dem Verfahren Silopresse gutgeschrieben werden.

7. Bewertung

Die Qualität der Folienschlauchsilage wurde durch Untersuchungen in verschiedenen Pro-

jekten als positiv bewertet (vgl. Tab. 4).

Tab. 4: Bewertung des Verfahrens „Silopresse“

Vorteile	Nachteile
Qualität: schneller Luftabschluss, dadurch geringe Verluste, kontrollierte und gleichmäßige Verdichtung kleine Anschnittsfläche, dadurch hoher Vorschub	je nach Schlauchdurchmesser höherer Flächenbedarf (in Ausnahmefällen nicht befestigt, Verweis Wasserwirtschaft),
Flexibilität Substrate: NawaRos, Industrienebenprodukte; Mengen: kleine / große Einheiten möglich; kurzfristige Möglichkeit, Lagerkapazität zu schaffen	geschultes Bedienpersonal erforderlich,
Arbeitswirtschaft hohe Berge- und Verdichtungsleistung, nur 1 AK zur Maschinenbedienung, standardisierte Verdichtung, kein Siloabdecken	Leistung der Transportkette und Leistung der Silopresse voneinander abhängig
	Futterentnahme günstiger auf befestigtem Boden

Ein Vorteil ist, dass der Lagerungsbedarf problemlos - ohne bauliche Veränderungen - der Erntemenge angepasst werden kann. Durch die Vielzahl der zu silierenden Futterarten wird eine gute Auslastung begünstigt. Dies trägt zu einer Amor-

tisierung in einem überschaubaren Zeitrahmen bei. Es kann daher bei der Planung einer Siloanlage durchaus lohnend sein, den Folienschlauch als Alternative in die Planung mit einzubeziehen.

8. Folientunnel (Silospeed)

Ein alternatives Verfahren ist das Tunnelsystem. Im Gegensatz zum Folienschlauch handelt es sich nicht um ein geschlossenes System (rundum geschlossener Schlauch), sondern um einen mit offener Folie umschlungenen Strang. Am Boden befindet sich keine Folie, daher sollte der Strang nur auf befestigten Untergrund abgelegt werden. Das Siliergut wird mit einem Rotor zu einem Strang zusammengepresst und in den Tunnel geschoben. Die Form der verpressten Silage wird durch den Tunnel vorgegeben. Zur gleichmäßigen Beschickung der Presseinrichtung (Verteilschnecke und Rotor) wird das

Siliergut mit einem Dosierband befördert. Das Überziehen des verdichteten Siliergutes erfolgt mit einer offenen Silofolie. Sie ist bis zu 500 m lang und 7 - 8 m breit. Die Siliermaschine ist mit 2 Folienrollen bestückt. Endet die erste Folienrolle, wird die nächste während des Pressvorganges, mit einer Überlappung, über die erste Folie gestülpt. Die Folie wird mittels Führungsrollen unter das verpresste Siliergut geführt. Dadurch ist ein kontinuierlicher Silopressbetrieb möglich, theoretisch in unendlicher Länge. Die Silomietenbreite beträgt in Abhängigkeit zum Gerätetyp 3,5 – 4 m.



Abb. 9 + 10: Folientunnel (Silospeed ALKA)

9. Literaturverzeichnis

KTBL (2009): Faustzahlen Biogas. 2. Auflage, Darmstadt.

LfL (2023): Untersuchungen über die Silierbarkeit von Pressschnitzeln mit unterschiedlichen Trockenmassegehalten und die Wirksamkeit eines chemischen Siliermittels zur Steigerung der aeroben Stabilität, abrufbar unter <https://www.lfl.bayern.de/ite/futterwirtschaft/150877/index.php> (Stand 09/2023)

MAACK, C., W. BÜSCHER (2008): Verdichtung von Siliergütern bei der Folienschlauchtechnologie. Landtechnik 63 (2008), nr. 5, pp. 282 – 283.

MAACK, C. (2010): Untersuchungen zur Lagerungsdichte bei der Futterkonservierung in Folienschläuchen. Diss. Universität Bonn, VDI-MEG-Schrift 486, Bonn, Institut für Landtechnik.

MATTHIESEN, M. (2008): Experimentelle Untersuchungen zur Feuchtgetreidekonservierung im Folienschlauch. Diss. Universität Bonn, VDI-MEG-Schrift 468, Selbstverlag.

SCHIEL, A., P. WINTER (1996): Gute Silage aus dem Schlauch. top agrar, 8/1996, S. 72-75.

SPIEKERS et al. (2009): Erfolgreiche Milchviehfütterung, 5. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt, ISBN 978-3-7690-0730-5, S. 150 – 151.

STEINHÖFEL, O. (2010): Hauptkostenfalle Grobfutterqualität - Was kosten uns Verluste? Vortrag Sächsischer Futtertag, Nossen, 17.03.10.

THAYSEN, J., A. WAGNER (2008): Von der Mahd bis zum Trog. Verfahrenskosten der Silagebereitung. Neue Landwirtschaft Heft 8/08, S. 69-72.

WEBER, U. (2006) Untersuchungen zur Silierung von Zuckerrübenpressschnitzeln in Folienschläuchen. Dissertation Humboldt Universität, Logos Verlag Berlin (<https://www.logos-verlag.de/cgi-bin/engbuchmid?isbn=1136&lng=deu&id=>).

WEBER, G. (2009): Untersuchungen zur Silierung von Biertrebern. Dissertation Humboldt Universität, Logos Verlag Berlin (<https://www.logos-verlag.de/cgi-bin/engbuchmid?isbn=2208&lng=deu&id=>).

WEGENER, J., B. KIRCHHOFF, A. WAGNER (2010): Schnell aus der Pelle. dlz 4/2010, S. 92-94.

Mildner, Jens (2024): Endversion Schlauchsilierung (E-Mail); 14.05.2024



Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und
Landwirtschaftliches Bauwesen (ALB)
in Bayern e.V.
Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Telefon	08161 / 887-0078
Telefax	08161 / 887-3957
E-Mail	info@alb-bayern.de
Internet	www.alb-bayern.de