

Tafel 4. Grundmittelbedarf und Kosten für Transport, Lagerung und Umschlag von Grundfutter

Ration	Grundmittel M/Kuhplatz	%	Kosten M/Kuhplatz	%
1	2200	100	435	100
2	1750	80	395	91
3	1500	68	370	85
4	1250	57	350	80
5	1415	64	400	92
6	1665	76	450	104

höchsten Satz aller untersuchten Varianten. Die Ursache dafür ist in erster Linie in den hohen Konservierungsverlusten bei Monofütterung zu suchen. So steigen die Kosten der Verluste bei Ersatz der halben Grünfuttermenge um 20 bis 35 Prozent, bei vollem Ersatz um 45 Prozent, während sich die benötigten Grundmittel um 25 bis 30 Prozent erhöhen. Daraus wird deutlich, daß die Entscheidung für oder gegen die Verabreichung von Grünfutter sehr vielschichtig ist und nicht allein unter dem Gesichtspunkt der Schwierigkeiten bei der täglichen Frischfutterbereitstellung getroffen werden sollte. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sprechen für den Einsatz von mindestens der halben Tagesration in Form von Grünfutter.

Allgemein kann gelten, daß der Anteil der Kosten der Verluste an den Verfahrenskosten dem Anteil der Kosten der baulichen und technischen Anlagen entspricht, beide Positionen beanspruchen mehr als 40 Prozent. Die Zielstellung, für die Grundfutterfütterung einen Arbeitszeitbedarf von 0,4 AK min je Kuh und Tag nicht zu überschreiten, ist unter

den genannten Maschinenleistungen bei allen Rationen und beiden Lagerungsformen für Welksilage zu erreichen. Bei schrittweisem Ersatz des in Heutürmen lagernden Rauhfutters durch in Horizontalsilos lagernde Welksilage ist ein leichter Anstieg des Arbeitszeitbedarfs zu verzeichnen, bei Lagerung in Hochsilos ist die Tendenz entgegengesetzt.

Literatur

- DAIWE, F.: Technologisch-ökonomische Vorauskalkulation zur Grundfutterfütterung. Unveröffentlichter Teilabschlußbericht des IML Potsdam-Bornim, 1969
- DREISSIG, M. / C. BRAUNE: Der Transport von Grün- und Welkgut mit Lastkraftwagen. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 5, S. 226 bis 227
- GRIMM, A.: Die Kosten der Grasanwelksilage bei verschiedenen Ernte-, Konservierungs- und Fütterungsverfahren. KTL-Bericht über Landtechnik 106. Helmut-Neureuter-Verlag, München-Wolfratshausen, 1967
- KLAMKE, R.: Untersuchungen zur Rauhfutterentnahme und -verteilung bei mobiler und stationärer Mechanisierung der Fütterung. Unveröffentlichter Forschungsbericht des IML Potsdam-Bornim, 1969
- KLINK, G., u. a.: Hochsilos für Gärfutter. Schriftenreihe der Bauforschung, Reihe Landw.-Bau. Deutsche Bauakademie, Deutsche Bauinformation, Berlin 1968
- MÜLLER, M.: Verfahrenstechnische Grundlagen der Beschickung von Hochsilos. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 5, S. 223 bis 225
- NOACK, W. / H. J. PAULI: Einige Ergebnisse der mechanischen Entnahme von Gärfutter aus Hochbehältern. Deutsche Agrartechnik 19 (1966) H. 12, S. 545 bis 548
- SIMON, W.: Persönliche Mitteilungen zu futterwirtschaftlichen Fragen. Paulinenaue, 1968
- TIJURM, R.: Die Entwicklung der Verfahren der Futterernte und der Rinderhaltung. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 2, S. 61
- WERNER, K.: Steigerung des Milchertrages durch zweckmäßige Organisation der Rinderfutterbereitstellung. Tierzucht 22 (1968) H. 12, S. 537 bis 539

Technologie der Bewirtschaftung von Gärfutter-Horizontalsilos

Dipl.-Landw. DORIS HUBNER

1. Aufgabenstellung

Horizontalsilos sind eine bewährte Behälterform zur Silagebereitung. Seit 1965 hat die Gestaltung dieser Behälterform in der DDR eine bedeutende Entwicklung genommen. Sinn dieser Veränderungen war es, die Behälter sowohl entsprechend den gärbioologischen als auch den technologischen Anforderungen bei der Silagebereitung auszuliegen.

So wurden die Horizontalsilos höher gebaut, um die freie Futterstockoberfläche im Verhältnis zum genutzten Siloraum einzuschränken und um das Volumen bei gleicher Grundfläche zu vergrößern. Die obere Grenze für die Behälterhöhe liegt derzeit für durchfahrbare Behälter bei rd. 4 m.

Bei den Elementen der mechanisierungsgerechten Gestaltung des Baukörpers fallen besonders gestaltete Ein- und Ausfahrsegmente der Silos auf, ferner Rampen zur seitlichen Füllung und größere Behälterbreiten, die ein Wenden von Transportzügen auf der Silogrundfläche gestatten.

Die mobile Bewirtschaftungsform mit dem Traktor als Antriebsmaschine für die Arbeitsmaschinen überwiegt, wenn auch einzelne Horizontalsiloplanlagen mit stationärer Beschickungs- und Entnahmetechnik durch Portalkräne ausgerüstet sind. Eine entscheidende Ursache dafür ist darin zu sehen, daß bei der mobilen Bewirtschaftung zum Füllen und Entleeren die im Betrieb bereits vorhandene Technik eingesetzt werden kann. Dieser Vorteil und ebenso die gegenüber Hochsilos geringeren Investitionen für den Baukörper werden auch zukünftig von großer Bedeutung sein. Man darf jedoch nicht übersehen, daß bei der Silagebereitung in Horizontalsilos höhere Anforderungen an die Siliertechnik und an das Zudecken des Futterstocks gestellt werden.

2. Horizontalsilos

als Konservierungs- und Lagerungsbehälter

2.1. Der Baukörper

Ein Typenprojekt für Horizontalsilos existiert z. Z. nicht. Die noch im Angebot befindlichen Horizontalsilos genügen den gärbioologischen und technologischen Anforderungen nicht in vollem Maße. Auffälligster Mangel ist ihre geringe Breite von lediglich 9,8 bis 11,0 m, nachteilig ist ebenfalls eine Seitenwandhöhe von maximal nur 3,6 m. Bei den vereinzelt aufgebauten breiteren Horizontalsiloplanlagen traten Gesichtspunkte der mechanisierungsgerechten Gestaltung in den Hintergrund.

In folgenden werden Horizontalbehälter betrachtet, die von Gestaltung und Abmessungen her günstigere Voraussetzungen bieten.

Die diskutierten Varianten unterscheiden sich in Abmessungen und Gestaltung. Es werden Behälterhöhen von 3,0 bis 6,0 m, Längen von 60 bis 100 m und Breiten von 10 bis 20 m sowie eine Anordnung in 2er-Batterien vorgesehen. Zwischen zwei Silos ist in jedem Falle eine seitliche Rampe als Innenrampe in Silolängsachse angeordnet. Die Begrenzung kann variabel ausgebildet werden, es sind Varianten ohne Außenrampen und solche mit 2 Außenrampen einbezogen. Bei letzteren kann die Böschung aus einer Erdaufschüttung bestehen oder massiv sein.

Die spezifischen Baupreise werden für alle Varianten auf der Preisbasis 1967 kalkuliert [1].

Bei allen Behälterformen nimmt mit steigender Futterstockhöhe die spezifische Futterstockoberfläche ab, d. h., die auf 1 m² Siloraum entfallende ungeschützte Futterstockoberfläche ver-

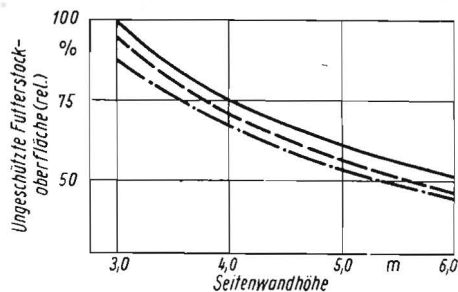


Bild 1. Ungeschützte Futterstockoberfläche in Horizontalsilos;
 — 60 m Silolänge, - - - 80 m Silolänge, - · - · -
 100 m Silolänge, 100 % = 0,56 m²/m³

ringert sich (Bild 1). Da mit dem Ansteigen der Futterstockhöhe bis in den Bereich von 6 m auch die spezifischen Baupreise absinken, sind hohe Horizontalsilos in zweifacher Hinsicht empfehlenswert (Bild 2). Neben einem geringeren spezifischen Investitionsbedarf liegen bei ihnen günstigere Silierbedingungen vor, da der Gasaustausch durch die Verringerung der spezifischen Futterstockoberfläche eingeschränkt werden kann und die spezifischen Aufwendungen für das Zudecken abnehmen.

Hohe Futterstöcke erfordern jedoch bauliche Einrichtungen zur leichteren Füllung. Dazu zählen besonders gestaltete Ein- und Ausfahrsegmente, die etwas teurer als Mittelsegmente sind. Da diese Ein- und Ausfahrsegmente bei jedem Silo, unabhängig von dessen Länge, erforderlich sind, tritt mit zunehmender Silolänge eine Verringerung des spezifischen Preises ein. So sinkt z. B. der Preis je 1 m³ Siloraum beim Horizontalsilo mit massiven Rampen bei einer Verlängerung des Silos von 60 auf 100 m um 24 Prozent.

Schwere Transportzüge können den Futterstock nicht bis zum Abschluß der Befüllung überfahren. Es muß daher auch möglich sein, das Siliergut von einer Seitenrampe aus in den Behälter zu kippen. Auch das Füllen durch Hineinfahren in den Behälter, Wenden und Abkippen ist zu berücksichtigen. Das erfordert größere Behälterbreiten, die vom Wenderadius der Transportfahrzeuge bestimmt werden. Größere Behälterbreiten verringern die spezifischen Baupreise (Bild 3). Sie haben aber den Nachteil, bei großen Silolängen das Fassungsvermögen der Silos so stark zu erhöhen, daß der tägliche Füllanspruch erheblich ansteigt und das Problem des abschnittweisen Füllens in den Vordergrund tritt.

Seitenrampen erhöhen die Baupreise, sind aber technologisch vorteilhaft. Bei größeren Silobreiten lassen sie sich eher vertreten, da sich die Baupreiserhöhung dann auf ein größeres Silovolumen verteilt.

Die Frage nach der optimalen Gestaltung und den günstigsten Abmessungen der Silos kann nur mit einem Kompromiß beantwortet werden, da² sich die einzelnen Faktoren unterschiedlich verhalten. Größere Silolängen, -breiten und -höhen verbilligen die Silos, erhöhen jedoch die Fülleistungsansprüche. Mit dem Ansteigen der Seitenwandhöhe ist zwar bis zur Höhe von 6 m eine Verringerung des spezifischen Grundmitteleinsatzes verbunden, ab 4,5 m Seitenwandhöhe erhöht sich jedoch bereits der spezifische Verbrauch an Beton und Stahl, so daß die Preisdegression im Abszissenbereich $h > 4,5$ m nur noch gering ist. Seitenrampen verteuern die Silos besonders dann, wenn auch die Außenrampen massiv ausgeführt werden. Sie sind aber mit großen technologischen Vorteilen verbunden, da sie die Beschickung ohne Überfahren des Futterstockes ermöglichen. Es wird daher vorgeschlagen, 80 m lange und 18 m breite Horizontalsilos mit einer Höhe von 4,5 m zu bevorzugen, die mindestens in 2er-Batterie angeordnet sind. Zwischen den Silos sollte sich eine in der Silolängsachse angeordnete Seitenrampe befinden. Die äußere Begrenzung der Batterie besteht aus 2 Seitenrampen, deren Böschung eine Erdaufschüttung ist.

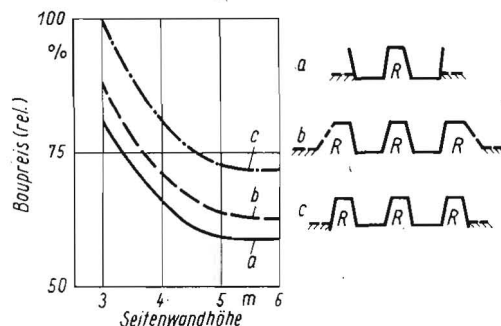


Bild 2. Baupreise für Horizontalsilos in Abhängigkeit von der Seitenwandhöhe; R Rampenfabrbahn, Länge 80 m, Breite 18 m, 100 % = 89 M/m³

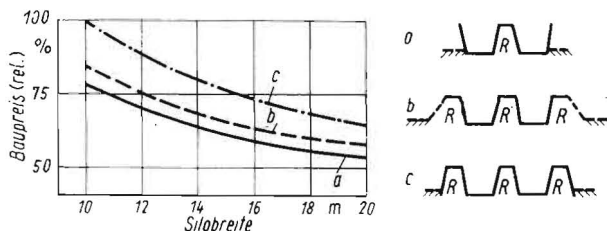


Bild 3. Baupreise für Horizontalsilos in Abhängigkeit von der Silobreite; R Rampenfabrbahn, Länge 80 m, Höhe 4,5 m, 100 % = 102 M/m³

Der Preis für Silos dieser Art beträgt bei erdgleicher Anlage und Fertigteilkonstruktion etwa 60 M/m³ Siloraum.

Ermöglichen die betrieblichen Gegebenheiten die Aufstellung einer 3er-Batterie, ist mit einer etwa 4prozentigen Preisverringerung gegenüber der 2er-Batterie zu rechnen. Werden die Silos um 1 m teilversenkt, erhöht sich der spezifische Baupreis um etwa 7,5 Prozent. Durch monolithische Bauweise der Silos tritt eine leichte Verbilligung um rd. 3 Prozent ein.

2.2. Das Siliergut

Der Anteil der Welksilage an den Grundfutterkonservaten wird in den nächsten Jahren noch erheblich zunehmen. Für die Konservierung in Horizontalsilos ist Welkgut mit einem Trockenmassegehalt von 30 bis 40 Prozent zu bereiten.

Eine besondere Bedeutung kommt dem Rohfasergehalt des Siliergutes zu, der auf keinen Fall 30 Prozent übersteigen soll. Er hat für die Verdichtung des Siliergutes eine größere Bedeutung als die Häcksellänge. Mit hohem Rohfasergehalt werden das Siliergut sperriger und die erzielte Verdichtung geringer (Bild 4).

Durch hohe Lagerungsdichten wird der Gasporenanteil, eingeschränkt und damit der Gasaustausch mit der Außenluft verringert. Treten zússammen mit hohen Lagerungsdichten auch hohe Trockenmassedichten auf, nimmt die Kostenbelastung der Silage durch den Baukörper ab. Unter durchschnittlichen Bedingungen ist für Welksilage in Horizontalsilos eine Trockenmassedichte von 280 kg/m³ zu erwarten.

Bei der Beschickung soll das Siliergut nicht über die Seitenwandhöhe hinaus in den Behälter eingebracht werden, um die ungeschützte Futterstockoberfläche nicht unnötig zu vergrößern. Wird diese Bedingung eingehalten, ist nach Ablauf des Gärprozesses mit einem durchschnittlichen Behälterfüllungsgrad von 0,8 zu rechnen.

3. Verfahren der Beschickung und Entnahme

Soll in einem 80 m langen, 18 m breiten und 4,5 m hohen Horizontalsilo die täglich erforderliche Mindestschichthöhe von 50 cm nach erfolgter Verdichtung des Siliergutes er-

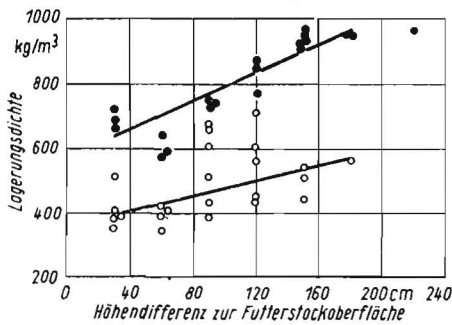


Bild 4. Lagerungsdichte von Welksilage aus geschlegeltem Gras in den Futterstockhorizonten von Horizontalsilos; Meßwerte sind Mittelwerte aus jeweils 10 Einzelmessungen;

Trockenmassegehalt: ○ 30 ... 45 %
 ● 45 ... 60 %
 Rohfasergehalt: ● 25 ... 30 %
 ○ 30 ... 40 %
 ● $y = 572,7 + 2,2039 x$; $B = 0,6032^{***}$
 ○ $y = 355,1 + 1,1750 x$; $B = 0,1601^{***}$

reicht werden, ist eine Einlagerungsleistung von 50 t/h Welkgut vorzugeben. Dabei wird mit einer effektiven Einlagerungszeit von 6 h/Tag gerechnet.

Für die technologischen Abschnitte Abladen — Verteilen und Verdichten — Zudecken — Lagern — Entnehmen sind die bei diesen Ausgangsbedingungen erforderlichen Produktionsmittel und Arbeitskräfte in Ansatz zu bringen und die sich davon ableitenden Verfahrenskosten, bezogen auf 1 t ausgelagerten Stärkewert, auszuweisen.

Zur Beschickung von Horizontalsilos werden vorteilhaft Traktoren mit einer Motorleistung von 50 bis 90 PS in Verbindung mit Kippanhängern verwendet. Bei den mit Schwerhäckselaufbauten versehenen Traktorenanhängern mit 4,5 t möglicher Nutzmasse ist bei Welkgut bei einem Ladevolumen von 14,4 m³ und einem Füllungsgrad von 0,8 eine tatsächliche Nutzlast von 2 bis 2,5 t erreichbar. LKW-Kippanhänger mit Schwerhäckselaufbauten haben bei 7,8 t möglicher Nutzmasse ein Ladevolumen von 24,2 m³. Beim gleichen Füllungsgrad von 0,8 beträgt die tatsächliche Nutzmasse beim Welkguttransport etwa 4 t.

Zur Auffahrt des Transportaggregates auf den Futterstock ist das Vorhängen eines Zugtractors erforderlich. Die Entladezeit bei Beschickung durch Überfahren des Futterstockes beträgt etwa 3 min in der Grundzeit T₁, bei zwei hintereinander gekoppelten Hängern etwa 5 min. Zur Erfüllung der vorgegebenen Einlagerungsleistung von 50 t/h Welkgut müssen durchschnittlich 1,3 Transportzüge gleichzeitig auf dem Silo entladen.

Das in Schichthöhen von 40 bis 60 cm abgeladene Siliergut ist oberflächlich einzuebnen. Der im IML Bornim entwickelte kurze Verteilhaken ist dafür sehr gut geeignet. Er wird am Traktor angebaut und hydraulisch betätigt. Dabei können Leistungen von 30 bis 35 t/h in der Normzeit T₀₆ erwartet werden.

Für den Gärverlauf ist eine gute Verdichtung des Siliergutes wesentlich. Die dafür einsetzbaren Fahrzeugtypen sind auf zwillingsbereifte Radtractoren und Gleiskettentraktoren beschränkt, um eine hohe Standsicherheit zu erreichen und das Fahrverhalten günstiger zu gestalten. Für einen Traktor mit einer Masse von 4 900 kg und einer Radbreite von 1 000 mm kann ein Verdichtungsvermögen von etwa 25 t/h in der Normzeit T₀₆ angenommen werden, wenn welkes Gras mit 90 mm mittlerer Häcksellänge siliert wird.

Um den Gasaustausch zwischen Futterstock und Außenluft einzuschränken und ungünstige Witterungseinflüsse, wie Wärmeeinstrahlung und das Eindringen von Regenwasser abzuschwächen, ist das Zudecken des Futterstockes notwendig. Je größer der Gasporenanteil ist, desto höher sind die

Anforderungen an die Zudeckschicht. Besonders wichtig ist das Zudecken beim Einlagern von Welkgut in Horizontalsilos, da bei dieser Behälterform der geforderte Gasporenanteil von höchstens 30 Prozent erst 120 bis 150 cm unterhalb der Futterstockoberfläche zu erwarten ist und in den darüberliegenden Schichten der Gasaustausch verstärkt stattfinden kann. Das Zudecken erfolgt am günstigsten mit einer 0,10 bis 0,20 mm starken Kunststoffolie, die mit einer 5 cm dicken Erdauflage beschichtet wird. Um den Silo besser abzudichten, sollte die Folie mit einem Klemmverschluß an der Silowand befestigt werden.

Will man nach abgeschlossenem Gärprozeß Silage aus dem Behälter entnehmen, ist die Futterstockoberfläche abschnittsweise abzuräumen. Der Handarbeitsaufwand beträgt hierfür etwa 5 AKmin/m².

Die Entnahme der Welksilage kann z. Z. nur mit Kranen erfolgen. Diese sind bis zu Höhen von 5,0 m einsetzbar. Die mit dem Mobilkran erreichten Leistungen liegen bei 35 t/h in der Normzeit T₀₆. Fräsen sind für die Entnahme von Welksilage noch nicht einsetzbar.

Die Berechnung der Verfahrenskosten der Welksilagebereitung ergibt, daß trotz eines erheblichen Aufwandes für die technologischen Abschnitte Verteilen und Verdichten sowie Zudecken diese Positionen nur 22 Prozent der gesamten Verfahrenskosten ausmachen. Die weitaus größte Kostenbelastung erfolgt mit 61 Prozent der Gesamtsumme durch den Baukörper (Tafel 1). Vom Gesamtarbeitszeitbedarf beanspruchen die Abschnitte Verteilen und Verdichten sowie Zudecken rd. 39 Prozent.

Relativ hoch erscheint der Arbeitszeitbedarf für den Abschnitt Zudecken und Entnehmen. Hierfür ist das manuelle Abräumen der aufgetragenen Erdschicht ausschlaggebend.

Jedoch läßt der errechnete Gesamtarbeitszeitbedarf erkennen, daß bei der Welksilagebereitung in Horizontalsilos eine hohe Arbeitsproduktivität erreichbar ist.

4. Schlußfolgerungen

Horizontalsilos werden für die Grundfutterkonservierung auch weiterhin von Bedeutung sein. Ihr entscheidender Vorteil ist die Möglichkeit, die im Betrieb bereits vorhandene Technik zu ihrer Bewirtschaftung einzusetzen. Durch Veränderungen in Abmessungen und Gestaltung des Baukörpers können sie in gärbiochemischer und technologischer Hinsicht weiter verbessert werden.

Nachteilig kann sich auswirken, daß zur Bereitung von Welkgut für Horizontalsilos nur ein enger Trockenmassebereich vorgegeben ist, wodurch sich die Witterungsabhängigkeit erhöht.

Der Arbeitszeitaufwand für die technologischen Abschnitte Verteilen und Verdichten sowie Zudecken ist bei der Welksilagebereitung relativ hoch. Die ordnungsgemäße Durchführung dieser Arbeitsgänge ist Voraussetzung für einen guten Siliererfolg.

Tafel 1. Bedarf an Verfahrenskosten und Arbeitszeit für die Welksilagebereitung in Horizontalsilos

		Ab-laden	Ver-teilen und Ver-dichten	Zu-decken	La-gern	Ab-decken und Ent-nehmen	Ins-ge-samt
Ver-fahrens-kosten	M/t						
	StW	5,90	8,25	3,90	34,40	4,05	56,50
Arbeits-zeit-bedarf	AKh/t						
	StW	0,55	0,52	0,18	—	0,56	1,81

Bedingungen:

50 t/h gehäckseltes Welkgut mit 35 % Trockenmasse und < 30 % Rohfasergehalt einlagern; Silierverluste 15 %; Stärkewert in der Silagetrockenmasse 515 g/kg; Trockenmasse-Lagerungsdichte 280 kg/m³; Silofüllungsgrad 0,8; 35 t/h Entnahmelistung;

Es ist zu beachten, daß eine Automatisierung der Verfahren zur Beschickung und Entnahme für mobil bewirtschaftete Horizontalsilos nicht in Frage kommt. In industriell produzierenden Großanlagen muß jedoch bei allen Arbeitskomplexen ein hoher Automatisierungsgrad erreicht werden. Damit ist die Anwendung von Horizontalsilos mit mobiler Bewirtschaftungstechnologie auf Anlagen mit einem insgesamt niedrigen Automatisierungsgrad beschränkt.

Zusammenfassung

Horizontalsilos sind eine bewährte Behälterform. Bei der Wahl ihrer Abmessungen und bei der Gestaltung des Baukörpers sind Verbesserungen möglich. Unterschiedliche Ab-

messungen und Gestaltung der Behälter werden in ihrer Auswirkung auf die spezifischen Baupreise gezeigt. Für die Auswahl eines im Hinblick auf die mögliche Technologie und den spezifischen Preis günstigen Behälters wird ein Kompromißvorschlag gemacht. Dem schließt sich die Betrachtung von Mechanisierungsmitteln für die einzelnen technologischen Abschnitte der Beschickung und Entnahme an. Davon ableitend werden die Verfahrenskosten und der Bedarf an Arbeitszeit je t ausgelagerten Stärkewertes bei mobiler Bewirtschaftungstechnologie ausgewiesen.

Literatur

- [1] THIELE, D.: Kennziffernmateriale über Horizontalsilos. (unveröffentlicht) Berlin 1969

A 8081

Dr. habil. M. MULLER, KDT

Silagebereitung in großvolumigen Hochsilos mit 12 m Durchmesser

1. Aufgabenstellung

In der DDR sind Hochsiloplanzen vorzugsweise für die Bedingungen kooperativer Silierguternte und für die Versorgung großer Tierbestände zu entwickeln. Sie lassen sich nur in einem vollständigen Bewirtschaftungssystem mit geeigneten Erntemaschinen in die Praxis einführen.

Für die Bereitung von Welksilage war eine Bau- und Mechanisierungskonzeption für großvolumige Hochsilos mit 12 m Durchmesser auszuarbeiten und in einer großtechnischen Versuchsanlage zu verwirklichen.

Hochsilos für die Gärfutterbereitung sind nach ihrem Gebrauchswert als Konservierungs- und Lagerbehälter, nach den Möglichkeiten der technologischen Einordnung in zukünftige Ernte- und Fütterungsverfahren sowie nach der Kostenbelastung der Nährstoffeinheit durch Baukörper, Mechanisierung und Arbeitskräfte zu beurteilen. Diese Kriterien waren bei der Ausarbeitung der Konzeption besonders in den Vordergrund zu stellen.

2. Hochsilos als Konservierungs- und Lagerbehälter der Silierguternte und Silagefütterung

Die physikalisch-mechanischen Silier- und Lagerbedingungen in Hochsilos sind durch den Grad der Dichtheit der Silowand gegenüber Gas- und Gärstoff, durch den Gasporenanteil im Futterstock, durch die auf das Siliergutvolumen bezogene freie Futterstockoberfläche sowie durch die Trockenmasse-Lagerungsdichte ausreichend gekennzeichnet.

Silos weisen einen hohen Gebrauchswert auf, wenn kein Gärstoff durch die Wand austreten kann und durch die Bauhülle der Gasaustausch zwischen Futterstock und Außenluft maximal eingeschränkt wird. Damit sind Voraussetzungen geschaffen, um Welkgut in einem gärbioologisch vertretbaren, weiten Trockenmassebereich einzulagern. Bei grasartigen Siliergütern kann dieser Bereich von 25 bis max. 60 Prozent Trockenmassegehalt betragen. Eine Einschränkung des zulässigen Trockenmassegehaltes auf 35 bis 45 Prozent, wie sie bei einigen Hochsilotypen erforderlich ist, verringert zwangsläufig die verfügbare Einsatzzeit für die Welksilagebereitung und schränkt den Anwendungsumfang dieses Verfahrens ein.

Bei der Entnahme wirkt Außenluft an der freien Futterstockoberfläche ein und begünstigt Nachgärungsprozesse. Diese Einwirkungsmöglichkeiten werden um so geringer sein, je geringer der Gasporenanteil und die freie Oberfläche des Futterstockes sind. Bei Hochsilos ist die auf das eingelagerte Silagevolumen bezogene Futterstockoberfläche mit 0,05 bis 0,10 m²/m³ geringer als bei Horizontalsilos mit 0,25 bis 0,30 m²/m³. Sie wird durch die Entnahmemaschinen nur we-

nig aufgelockert. Mit zunehmender Höhendifferenz zur Futterstockoberfläche steigt die Lagerungsdichte der Welksilage (Bild 1).

Ein Gasporenanteil im Futterstock von PA < 20 Prozent ist für die Lagerung als optimal zu bezeichnen. Silagen, die mit einem Gasporenanteil PA > 30 Prozent lagern und bei freier Oberfläche der ungehinderten Einwirkung der Außenluft ausgesetzt sind, müssen als besonders gefährdet angesehen werden. Mit zunehmender Futterstockhöhe verringert sich der Anteil gefährdeter Silage (Bild 2).

In Hochsilos bestehen günstige Bedingungen für die Silierung trockenmassereichen Welkgutes, das ohne zusätzliche Verdichtungsaufwendungen in den mittleren und unteren Schichten mit hoher Dichte lagert. Für eine geringe Kostenbelastung der Nährstoffeinheit ist es von besonderer Bedeutung, daß hohe Werte der Trockenmassedichte erreicht werden. In Silos mit Futterstockhöhen von h = 15 m wurden bei durchschnittlich 40 Prozent Trockenmassegehalt Trockenmassedichten von $\rho_{TM} = 340 \text{ kg/m}^3$ ermittelt.

Der Füllungsgrad kennzeichnet die Nutzung des vorhandenen Siloraums. In den z. Z. bewirtschafteten Hochsilos vom Typ HS 09 werden durchschnittliche Werte von $\eta = 0,7$ erreicht. Ein Füllungsgrad $\eta = 0,8$ ist möglich, wenn nach dem Setzen des Futterstockes nachgefüllt werden kann. Diese Einfüllschicht sollte eine Mindesthöhe von h = 5 m aufweisen.

Für den Aufbau eines großvolumigen Hochsilos aus trocken montierten und mit Rundstäben verspannten Betonfertigteilen als Versuchsbehälter im IML Potsdam-Bornim wurden daraus folgende Schlußfolgerungen gezogen:

- Auskleidung der Silowand mit einer mechanisch widerstandsfähigen Folie zur Einschränkung des Gas- und Gärstoffaustritts durch die Behälterwand
- dichte Luken und ein dichtes Dach mit Tauchdeckelverschluß für die rechteckige Einfüllöffnung im horizontalen Dach
- eine Silohöhe h = 23 m, um eine Höhe des abgesetzten Futterstockes von h = 18 m und einen Füllungsgrad $\eta \geq 0,8$ zu erzielen.

3. Technologische Einordnung in die Verfahren der Silierguternte und Silagefütterung

Die Verfahren der Silierguternte sind zukünftig vor allem durch den Einsatz mehrerer Schwadhäcksler in einem Maschinenkomplex gekennzeichnet. Es ist zu erwarten, daß die stündlich zu häckselnde Welkgutmasse etwa 50 t beträgt.