

Logistik bei der Silierung großer Erntemassen

Empfehlungen zum Transport, Einlagern, Verdichten und Abdecken

Bei der Silagebereitung für Biogas, aber auch in größeren Futterbaubetrieben werden vielfach Anlieferungsmengen von mehr als 250 t FM/h von heutigen Großhäckslern realisiert. Wie können diese Mengen logistisch optimal transportiert, eingelagert und verdichtet werden? Welche praktischen Lösungen gibt es, wenn das Ziel einer verlustarmen Silagebereitung mit möglichst wenig Abraum verwirklicht werden soll?

Da in der Regel nach Zeit abgerechnet wird, muss der Häckslleistung immer die entsprechende Transportlogistik in Größe und Menge zugeordnet werden.

Angepasste Transportlogistik

Als vorteilhaft haben sich dabei die großvolumigen (40 bis 60 m³) Abschiebewagen bewährt, die sowohl ein Entleeren auf dem Silo bis zu einer Höhe von zirka 6 Meter als auch ein Abschieben vom Silo ermöglichen. Nachteilig an Gespannfahrzeugen ist, dass ab einer gewissen Füllhöhe beziehungsweise Steigung das Überfahren (auch bei zusätzlicher eingesetzter Zugkraft) nicht mehr möglich ist. Wenn allerdings ein Überfahren auch in größeren Höhen erforderlich ist, bietet sich als Transportfahrzeug der allradangetriebene LKW an, der deutlich besser in der Lage ist, die Anforderungen zu erfüllen. Außerdem ist der Reifenverschleiß geringer als bei herkömmlichen Wagen und die mögliche Transportgeschwindigkeit höher, so dass



Ausbildung & Beratung

mit weniger Kapazität die gleiche Leistung erzielt werden kann.

Übersicht 1: Einfluss von Verdichtung und Luftzutritt auf Hefekeimzahlen und die aerobe Stabilität

(Mittelwerte aus 10 Versuchen mit Grassilage – KLEINMANS, 1996)

	Laktat abb. Hefen (Log KBE/g FM)	Aerobe Stabilität (Tage)
sehr gute Verdichtung, 100% luftdicht	3,0	6,3
sehr gute Verdichtung, mit Luftzutritt	4,1	5,7
schlechte Verdichtung, mit Luftzutritt	6,1	3,3

HONIG (1987) legte deshalb Mindestverdichtungen für einen Gasaustausch von <math>< 20 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{h})</math> fest (siehe Übersicht 2), die als Sollwerte gelten.

Übersicht 2: Sollwerte für Verdichtungen für einen Gasaustausch von <math>< 20 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{h})</math> nach Honig (1987)

Futterart	TM Gehalt (%)	Lagerdichte (kg TM / m ³)
Gras	20	160
15 mm theor. Häcksellänge	40	230
Luzerne	20	180
15 mm theor. Häcksellänge	48	240
Mais	28	230
4-7 mm theor. Häcksellänge	33	270
GPS	35	230
gehäckselt	45	260
CCM	55	400
	60	440

Überfahren oder vor dem Silo abkippen?

Sofern eine Überfahrt und Entladung auf dem Silo mit der vorhandenen Technik noch möglich ist, werden dabei noch weitere Verdichtungen und Zeiteinsparungen realisiert. Nachteilig ist aber, dass das gesamte Silo über einen langen Zeitraum offen bleibt, obwohl es aus der Sicht der Erfüllung der Forderung an einen zügigen Verschluss besser sofort zu verschließen ist. Je größer und

höher das Silo angelegt wird, desto eher kann daher ab einer gewissen Füllhöhe ein Abkippen vor dem Silo mit dem daraus folgenden Transport mit Schiebeschildern oder Radladern auf das Silo sinnvoll sein. Fertig befüllte Silagepartien können dann schon während der Restbefüllung mit einer Unterziehfolie abgedeckt werden.

Hohe Verdichtung

Die Verdichtung von Silagen beeinflusst deutlich deren Lagerstabilität, da durch eine unzureichende Verdichtung verstärkt Sauerstoff in das Silo eindringen kann. Dieses fördert wiederum das Wachstum unerwünschter Keime wie Hefen und Schimmelpilzen und führt zur Nacherwärmung der Silagen. Die Auswertung einer Versuchsreihe mit Laborsilos, bei denen optimale luftdichte Verhältnisse und standardisierter Luftzutritt ermöglicht wurden, zeigen einen eindeutigen Zusammenhang: Luftzutritt und Verdichtung haben einen direkten Einfluss auf das Hefewachstum und damit auf die aerobe Stabilität von Silagen (Übersicht 1). Die in den luftdicht gelagerten Silagen um 3 Tage längere Stabilität ist durch die etwa tausendfach geringere Keimzahl an Hefen zu erklären.

Schlagkräftige Silierkette

Im Zeitraum vom Sommer 2003 bis zum Frühjahr 2005 wurden 211 Praxisilagen hinsichtlich ihrer Verdichtung untersucht (Übersicht 3). In



Lkws mit Allradantrieb erlauben auch bei größeren Steigungen eine Befüllung mit Überfahren. Foto: Hans-Martin Petersen



Spezielsilo-Walzen ermöglichen eine Steigerung der Verdichtung um bis zu 10 Prozent und sind daher besonders bei Fahrsilos mit Seitenwänden einsetzbar.

mehr als der Hälfte der Bestimmungen wurde die empfohlene Mindestverdichtung nicht erreicht. Die restlichen Betriebe konnten jedoch die Sollwerte (Übersicht 2) selbst bei höheren Trockenmassen erreichen. Es ist also durchaus möglich, mit dem richtigen Verfahren eine ausreichende Verdichtung zu erreichen.

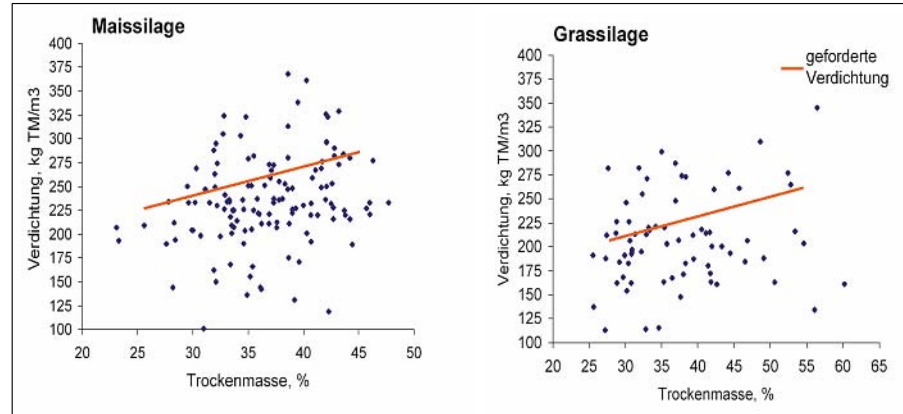
Das Nadelöhr einer schlagkräftigen Silierkette ist meistens die Verteilung und Verdichtung des Grüngutes im Fahrsilo (Übersicht 4). Häufig übernehmen die Betriebe diese Arbeit selbst, während die übrigen Teile der Silierkette anderweitig vergeben werden. Es kommt jedoch nicht selten vor, dass das Gewicht des hofeigenen Schleppers für diesen Zweck nicht ausreicht und zudem die Fahrsilos vom Lohnunternehmer mit Grüngut überfrachtet werden. Eine ausreichende Verdichtung lässt sich dann nicht mehr erzielen. Als Faustzahl sollte der Walzschlepper das Vierfache der Siliergutmenge wiegen, die in einer Stunde eingebracht

wird. Wenn also alle zehn Minuten ein Wagen abgeladen wird, errechnet sich bei Silierwagengrößen von zum Beispiel 40 m³ eine erforderliche

Schleppermasse von 16 Tonnen. Ist der Schlepper zu leicht, hilft auch häufiges Hin- und Herfahren nicht weiter, weil die ausreichende Tie-

fenwirkung fehlt. Letztere wird neben der Achslast auch von der Reifenbreite und vom Reifendruck bestimmt. Überbreite Reifen oder gar

Übersicht 3: Verdichtung in Maissilagen (n=134) und Grassilagen (n=77) mit unterschiedlichen Trockenmassegehalten.



Zwillingsreifen scheiden für das Festwalzen aus. Außerdem müssen die Reifen immer prall gefüllt sein. Der Luftdruck sollte nahe am zulässigen Limit liegen (zirka 2,5 bar). Eine Wasserfüllung in den Reifen und zusätzliche Gewichte am Schlepper können die Walzwirkung noch erhöhen. Wenn nicht schneller als 4 km/h gefahren wird, reichen im Normalfall zwei bis drei Überfahrten aus, um das Siliergut ausreichend zu verdichten. Übersicht 5 enthält Empfehlungen zum Einsatz von Walzfahrzeugen in Abhängigkeit von der realisierten Bergeleistung des Häckslers.

Bester Mann auf das Walzaggregat

Auf den Walzschlepper gehört stets der kompetenteste Fahrer, der notfalls auch die ganze Silierkette stoppen können muss, wenn er mit dem Walzen nicht nachkommt.

Der zeitliche Walzaufwand pro t FM sollte zwei Minuten nicht unterschreiten.

Es mag deshalb für einige Betriebe sinnvoll sein, auch die Walzarbeit an den Lohnunternehmer zu vergeben. Zurzeit liegt die Verantwortung für die korrekte Ausführung der Walzarbeit allein beim Walzschlepperfahrer. Mittelfristig ist ei-

Übersicht 4:

Fahrsilo – optimale Verdichtungstechnik

- schwerer Walzschlepper ohne Zwillingsreifen
- Reifendruck 0,2 MPa (2 bar)

Faustzahl:

Walzschleppergewicht = $\frac{\text{Bergeleistung in Tonnen pro Stunde}}{3^*)}$

- maximal 40 Zentimeter Schichtdicke zum Walzen
- 4 km * h⁻¹ Walzgeschwindigkeit bei mindestens 3 Überfahrten
- 2 bis 3 Minuten Verdichtungsaufwand pro Tonne Erntegut
- mindestens 0,5 bis 1 Stunde Nachwalzen, je nach TS-Gehalt

Abstimmung der Walzkapazität auf die Schlagkraft des Ernteverfahrens:

Bei großer Ernteleistung bzw. geringer Hof-Feld-Entfernung: 2 Walzschlepper, mit Schiebeschildern und Verteilern

^{*)} bei Ladewagen (Faktor 4 bei Häckslersilage) (WAGNER, 2007)

Übersicht 5: Anzahl Walzfahrzeuge bei unterschiedlichen Bergeleistungen in t FM/h (Silomais)

Bergeleistung t FM/h	Walzfahrzeug 1 14 - 16 t	Walzfahrzeug 2 14 - 16 t	Radlader 10 - 14 t
bis 100 (6-Reiher)	1	0	1
bis 200 (8-Reiher)	1	1	1
bis 300 ^{*)} (10-12-Reiher)	2	2	1

^{*)} oder parallele Befüllung von zwei Silos

ne Technik zu fordern, die dem Fahrer anzeigt, an welchen Stellen auf dem Silo noch gewalzt werden muss,

beziehungsweise an welchen die Walzarbeit bereits ausreichend geleistet worden ist.

Ganz entscheidend für das Verdichtungsergebnis ist auch, dass von Anfang an gewalzt wird. Nur so kann ein sauberer, schichtweiser Aufbau des Silos erreicht werden. Häufig wird mit dem Walzen erst begonnen, wenn schon mehrere Fuhren Grün- gut im Silo zusammen gekommen sind. Da die Tiefenwirkung der Achslast nicht über 30 bis 40 cm hinausreicht, werden somit die untersten Lagen nicht mehr ausreichend verdichtet.

Walztechniken

Als Walzaggregate stehen aufballastierte Schlepper, Radlader, Rüttelwalzen und Spezialsilowalzen zur Verfügung.

Während Walzschlepper die eigentliche Verdichtungsarbeit vornehmen, weisen Radlader den Vorteil auf, Siliergut auf das Silo tragen und verteilen zu können. Spezielle Rüttelwalzentechnik eignet sich nur für Häckselgut wie Maissilage bei Fahrsilos mit Seitenwänden. Spezialsilowalzen wie die ARNOLD Silowalze aus gebrauchten Waggonrädern zeigen eine bis 10 Prozent höhere Verdichtungsleistung auf und sind daher empfehlenswert.

Für Siloplatzen hat sich der Einsatz von Raupenbaggern zur Optimierung der Kantearbeit, zum Seiten-

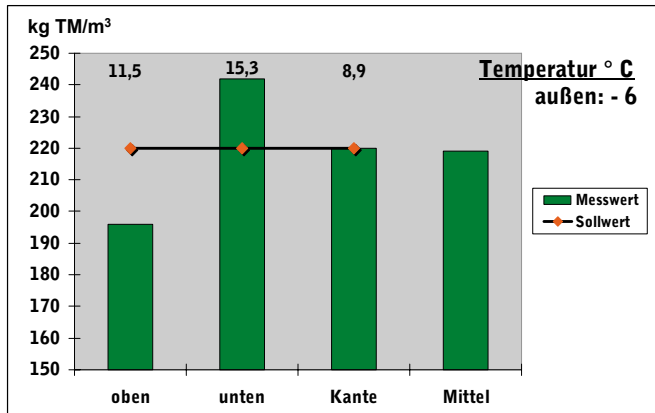


Radlader eignen sich gut für den Transport und die Verteilung des Siliergutes bei Silomais.

Fotos (2): Dr. Johannes Thaysen

Übersicht 6: Baggerverdichtung nur Kanten

Mittelwerte aus 5 Betrieben, mittlerer TM-Gehalt Maissilage 31 %



einzig und zur Schlusskontur bewahrt (Übersicht 6).

Abdeckungsmanagement

Meistens reichen die Silierarbeiten bis tief in die Abend- oder Nachtstunden. Da ist es durchaus verständ-

lich, wenn manch einer sein Silo erst am nächsten Tag abdeckt. Dies hat jedoch weitreichende negative Auswirkungen auf den Gärverlauf. Deshalb sollten die Silos gleich nach dem Nachwalzen zumindest mit einer Unterziehfolie abgedeckt werden. Die sorgfältige Abdeckung mit einer weiteren, dickeren Folie kann am kom-

menden Tag erfolgen. Selbst wenn das Silo am nächsten Tag noch weiter befüllt wird, ist es sinnvoll, das bereits eingefahren Siliergut über Nacht abzudecken.

Neben der Verdichtung hat auch die Silierdauer einen direkten Einfluss auf den Gehalt an Hefen und Schimmelpilzen im Gärgut. Eine Lagerung von mindestens sechs bis acht Wochen sorgt dafür, dass die Keimzahl an Hefen und Schimmelpilzen im Silo vermindert wird. Wenn außerdem noch heterofermentative Milchsäurebakterien als Siliermittel eingesetzt wurden, sollte das Silo unter keinen Umständen früher geöffnet werden.

Bei der Futterentnahme aus dem Silo ist die unvermeidliche Lufteinwirkung auf ein Mindestmaß zu begrenzen. Deshalb sollte der Anschnitt auch nicht in der Hauptwindrichtung liegen. Ein Herausreißen von Siliergut ist ebenso zu vermeiden wie eine Auflockerung des Futterstocks. Außerdem muss die Plane über dem Anschnitt immer beschwert werden und darf nicht flattern, da sonst Luft in das Silo gepumpt wird.

Fazit

Die Silierung großer Erntemas- sen ist ein Massengeschäft, das sowohl bei Transport als auch bei der Einlagerung und der Verdichtung besondere Logistiken und Maschinen erfordert. Sollen die Sollwerte der Verdichtung sicher erreicht werden und damit die Silagequalität ganzjährig ohne Abraum sein, müssen mehrere schwere Walschlepper (bis 16 Tonnen) in Abhängigkeit von der Bergeleistung bereitgestellt und der erforderliche Zeitaufwand in Höhe von zirka zwei Minuten pro t FM eingehalten werden. Spezialtechniken sind in Einzelfällen hilfreich. Ein gutes Abdeck- und Entnahmemanagement garantiert darüber hinaus eine hohe Silagequalität.

Dr. Johannes Thaysen
Landwirtschaftskammer
Tel.: 04331-8414-27
jthaysen@lksh.de