

Christian Maack und Wolfgang Büscher, Bonn

# Verdichtung von Siliergütern bei der Folienschlauchtechnologie

*Die Konservierung von Futter im Folienschlauch stellt eine technische Alternative zur Fahrsilotechnik dar. Die Weiterentwicklung der Technik mit einer wesentlich höheren Durchsatzleistung ermöglicht auch deren Einsatz in leistungsstärkeren Silageketten. Wie bei allen Siliertechniken ist auch beim Verfahren der Schlauchsilierung die Siliergutverdichtung von entscheidendem Einfluss auf die Silagequalität. Zur Bewertung der Verdichtung wurden Pressschnittsilagen, Maissilagen und Lieschkolbenschrotsilagen auf Praxisbetrieben untersucht.*

Die Siliergutverdichtung stellt unter anderen einen wichtigen Einflussfaktor auf die Silierung, die Stabilität und somit auf die Silagequalität dar. Der rundum geschlossene Folienschlauch ermöglicht während der Lagerphase einen nahezu optimalen Luftabschluss, solange dieser nicht durch mechanische Beschädigungen der Schlauchfolie gestört wird. Die Lagerungsdichte beeinflusst jedoch den Gasaustausch am geöffneten Silo während der Entnahmephase in entscheidendem Maße. Nach [1] ist das Siliergut so zu verdichten, dass die verbleibenden Poren einen Gasaustausch von nicht mehr als 20 l/hm<sup>2</sup> an der Anschnittfläche ermöglichen. Aus diesen Anforderungen bezüglich des Gasaustausches leiten sich Empfehlungen für die Verdichtung von verschiedenen Siliergütern ab [1, 5]. Dichtemessungen an Praxisilos ergaben jedoch, dass nur etwa 20 % der untersuchten Silagen Lagerungsdichten im Empfehlungsbereich aufwiesen [6]. Um das Verfahren der Schlauchsilierung diesbezüglich zu bewerten und den bisherigen Stand der Technik im Vergleich zu anderen Verfahren einzuordnen, wurde die Lagerungsdichte in Siloschläuchen verschiedener Siliergüter auf Praxisbetrieben durch Beprobungen gemessen. Dabei galt es zum einen zu ermitteln, wie sich der Trockenmassegehalt der Siliergüter auf deren Verdichtbarkeit beim Folienschlauchverfahren auswirkt, und zum anderen festzustellen, wie gleichmäßig die Verdichtung über den Schlauchquerschnitt erfolgt.

## Material und Methoden

Für die Entnahme der Proben wurde ein am Institut entwickelter, elektrisch angetriebener Bohrstock eingesetzt. Das sich innerhalb der Schneidkrone (Innendurchmesser 102 mm) befindliche Siliergut wird während des Eindrehens des Bohrstocks in diesen aufgenommen. Nach Erreichen der für die Messung angestrebten Eindrehtiefe von 50 cm wird der gefüllte Bohrstock durch Umschalten auf Linksdrehung aus dem Silo herausgedreht. Zur Bewertung der Messwerte des Bohrstocks wurden Vergleichsmessungen mit einem Siloblocksneider am Fahrlo durchgeführt. Die gemessenen Lagerungsdichten ergaben eine hohe Übereinstimmung. Die Verdrängung von Siliergut zur Seite sowie das Verstopfen des Bohrstockes konnten durch dessen großen Durchmesser und die nach innen abgesetzte Schneidkrone verhindert werden. Nachteile in Folge der Bohrstockgröße sind vor allem die notwendige Antriebskraft und die etwas unkomfortable Handhabung des Gerätes.

Die Beprobung der Schlauchsilagen wurde an zehn Positionen verteilt über die Anschnittfläche nach dem in *Bild 1* dargestellten Muster mit horizontalen Bohrungen im April 2007 und 2008 durchgeführt. Es wurden jeweils zehn Pressschnitt- und Maissilagen sowie sieben Lieschkolbenschrotsilagen (LKS) untersucht.

Die Dichte der Originalsubstanz wurde durch Verwiegen der Bohrkern vor Ort bestimmt, während die Ermittlung des

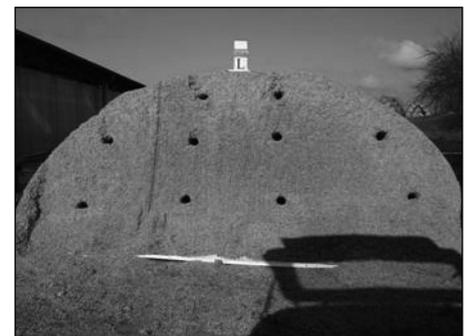
Christian Maack (e-mail: [cmaack@uni-bonn.de](mailto:cmaack@uni-bonn.de)) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Prof. Dr. Wolfgang Büscher ist Leiter der Abteilung „Verfahrenstechnik der Tierischen Erzeugung“ am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn.

## Schlüsselwörter

Lagerungsdichte, Siliergutverdichtung, Schlauchsilage, Nacherwärmung

## Keywords

Density, compaction of ensiling material, silage bag, secondary fermentation



*Bild 1: Gefüllte Bohrkronen (links) und Position der zehn Bohrungen am Schlauchanschnitt (rechts)*

*Fig 1: Filled drill (left) and positions of the cores at the transverse section of the bag (right)*

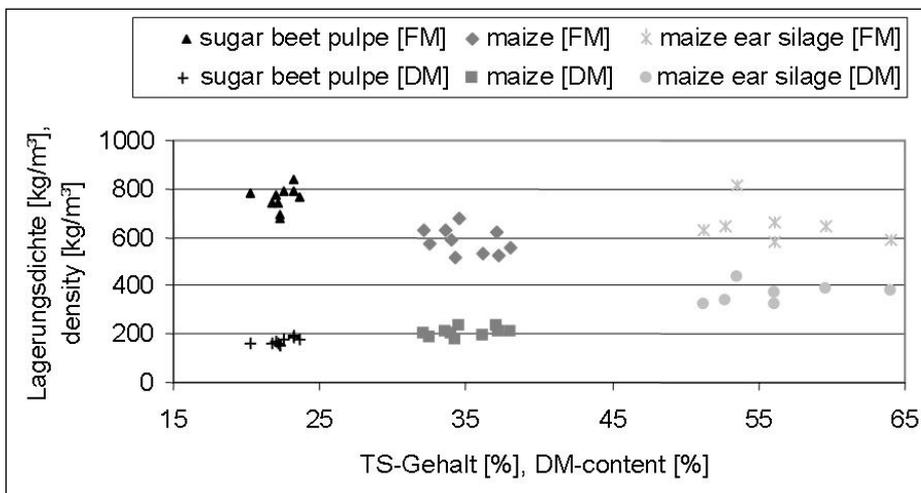


Bild 2: Lagerungsdichte der Trocken- und Originalsubstanz in Abhängigkeit des Trockensubstanzgehaltes (arithmetisches Mittel aus jeweils zehn Proben)

Fig 2: Density of dry matter and fresh matter, depending on the dry matter content of the silage crop (arithmetic average of ten samples)

Trockenmassegehaltes sowie die Berechnung der Trockenmassedichte durch Trocknung von Proben der Bohrkern bei 105°C erfolgte. Zur Kontrolle der Silagetemperatur an der Anschnittfläche wurde nach Entnahme des Bohrkerns die Temperatur im Bohrloch mit einem elektronischen Einstechthermometer gemessen.

### Ergebnisse

Die Lagerungsdichte von Silomais im Folienschlauch lag im arithmetischen Mittel der zehn Beprobungspositionen auf gleichem Niveau wie die in Praxiserhebungen an Fahrtilos festgestellten Dichten. Bezogen auf die Dichte der Originalsubstanz wurden Lagerungsdichten von 520 kg/m<sup>3</sup> bis 680 kg/m<sup>3</sup> erzielt, was bei Trockensubstanzgehalten von 32% bis 38% Dichtewerten von 180 bis 230 kg/m<sup>3</sup> bezogen auf die Trockenmasse entspricht. Ein bedeutender Anstieg der Trockenmassedichte mit zunehmendem Trockensubstanzgehalt, wie er gefordert wird, war sowohl bei den erwähnten Erhebungen an Fahrtilos als auch an den beprobten Schlauchsilagen nicht festzustellen. Bei der Lagerung von Pressschnitzeln im Schlauch wurden bei Trockensubstanzgehalten von etwa 22 % durchschnittliche Dichten der Originalsubstanz von bis zu 800 kg/m<sup>3</sup> gemessen.

Die Unterschiede in der Lagerungsdichte zwischen Kern, Rand und oberem Schlauchsegment sind im Fall von Pressschnitzeln mit einer Differenz vom Kern zur oberen Schlauchmitte von 30 % etwas größer als bei Silomais und Lieschkolbenschrot. Diese Siliergüter weisen Dichteunterschiede von etwa 20 % vom Kern zur oberen Schlauchmitte auf, wobei die durchschnittliche Lagerungsdichte von Lieschkolbenschrot im Schlauch 580 bis 750 kg/m<sup>3</sup> bezogen auf die Originalsubstanz betrug. Die größeren Dichteunterschiede vom Kern zum Rand in Pressschnitzelsilagen lassen sich durch das

größere Gewicht der auflastenden Siliergutmasse, das aus dem hohen Wassergehalt des Siliergutes resultiert, erklären. Das Siliergut im Kern wird stärker nachverdichtet als bei Silagen mit höherem Trockensubstanzgehalt und geringerer Dichte der Originalsubstanz.

Eine deutliche Nacherwärmung konnte bei den beprobten Silagen nur festgestellt werden, wenn die Schlauchfolie nahe der Anschnittfläche Beschädigungen aufwies, so dass Luftsauerstoff über längere Zeit in das Silo eintreten konnte. Besonders wirken sich Beschädigungen der Schlauchfolie im oberen Bereich aus, da hier die Luft durch das Siliergut und kleine Hohlräume leichter eindringen kann.

Da die Schlauchfolie während der Einlagerung elastisch gedehnt wird, zieht sie sich nach Entnahme der Silage an der Anschnittkante wieder etwas zusammen, so dass die Folie eng am Siliergut anliegt und der direkte Luftzutritt unter die Folie verringert wird. Eine ungleichmäßige Füllung des Schlauches kann jedoch zu Hohlräumen unter der Folie führen, die einen verstärkten Luftzutritt an der Anschnittfläche verursachen.

Im Weiteren wird daran gearbeitet, den Prozess der Schlauchfüllung mit Hilfe entsprechender Sensoren zu überwachen und

den Pressdruck automatisch so zu regeln, dass die Schlauchfüllung optimiert, Hohlräume vermieden und der Maschinenbediener entlastet werden kann.

### Fazit

Die durchschnittlichen Lagerungsdichten der beprobten Schlauchsilagen lagen auf vergleichbarem Niveau zu den in Fahrtilos festgestellten Lagerungsdichten. Im Flankenbereich der Schläuche und am oberen Rand ist die Lagerungsdichte je nach Siliergut 20 % bis 30 % geringer als im Kern. Die Hauptursache für eine Nacherwärmung liegt jedoch in Beschädigungen der Schlauchfolie, die durch Abdeckung mit Schutznetzen verhindert werden sollte. Die kleineren Anschnittflächen beim Schlauchtilo ermöglichen in der Regel einen ausreichend großen Vorschub, um der Nacherwärmung an der Anschnittfläche vorzubeugen.

### Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] Honig, H.: Influence of Forage Type and Consolidation on Gas Exchange and Losses in Silo. In: Summary Of Papers, 8th Silage Conference, Hurley (UK), 1987
- [2] • Leurs, K.: Einfluss von Häcksellänge, Aufbereitungsgrad und Sorte auf die Siliereigenschaften von Mais. Forschungsbericht Agrartechnik 438, Selbstverlag, Diss., Bonn, 2006
- [3] Leurs, K., A. Wagner und W. Büscher: Nacherwärmung von Maissilage - Einfluss der Häcksellänge. Landtechnik 59 (2004), H.2, S.100-101
- [4] Rees, D.V.H., E. Audsley and M.A. Neale: Apparatus for Obtaining an Undisturbed Core of Silage and for Measuring the Porosity and Gas Diffusion of the Sample. Journal of Agricultural Engineering Research 28 (1983), pp. 107-114
- [5] Spiekers, H.: Nacherwärmung der Maissilage – Dichte ist die halbe Miete. Milchpraxis 36 (1998), Nr. 3, S. 145-147
- [6] Spiekers, H., R. Miltner und W. Becker: „Aktion Nacherwärmung“ deckt Schwachpunkte auf. Top Agrar 33 (2004), H. 2, S. R10-R13

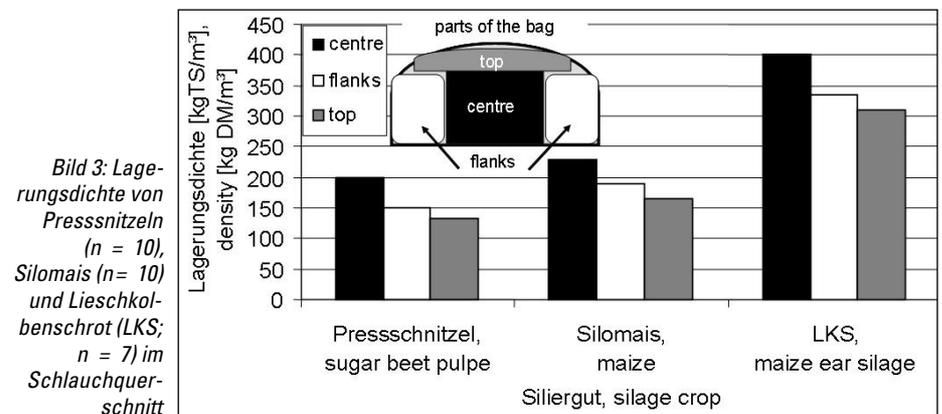


Bild 3: Lagerungsdichte von Pressschnitzeln (n = 10), Silomais (n = 10) und Lieschkolbenschrot (LKS; n = 7) im Schlauchquerschnitt

Fig 3: Density of sugar beet pulpe (n = 10), maize (n = 10) and maize ear silage (n = 7) at the transverse section of the bag