

# Feuchtgetreidesilierung im Folienschlauch

*Für Körnerfrüchte ist ein aus den 70er Jahren bereits bekanntes Verfahren zur Einlagerung von Futtermitteln mit Hilfe der Schlauchpresse weiterentwickelt worden. Es wird seit 2005 auch zur Einlagerung von Feuchtgetreide in der Praxis eingesetzt. Erste Untersuchungsergebnisse zu diesem Verfahren werden im Folgenden dargestellt.*

In Deutschland werden regelmäßig 50 bis 85 % des Getreides in nicht lagerfähigem Zustand mit Kornfeuchten über 14 % gedroschen. In der Praxis wird überwiegend das Verfahren der Warmlufttrocknung bis zu einem lagerstabilen Feuchtegehalt des Getreides von unter 14 % eingesetzt [1, 2]. Die stetig steigenden Energiekosten stellen dieses Verfahren jedoch bei höheren Feuchtegehalten des Erntematerials in Frage.

Eine neue Variante des Folienschlauchverfahrens, bei dem erntefrisches Getreide mit hohen Feuchtegehalten in einem Arbeitsgang gequetscht, optional mit Siliermittel besprüht und in einen Folienschlauch gepresst wird, wurde in Labor- und Praxisversuchen untersucht.

## Material und Methode

Zur Ernte 2005 wurden zwei Folienschläuche mit gequetschtem Weizen befüllt. Neben dem Einfluss des Feuchtegehaltes sollte der Effekt der Siliermittelmenge auf die Gärqualität und Stabilität im Folienschlauch untersucht werden. Es wurden zwei Feuchte-stufen mit 18 % (low moisture, LM) und mit 30 % (high moisture, HM) sowie jeweils drei Behandlungsstufen für das Siliermittel der Wirkungsrichtung 2 zur Verbesserung der aeroben Stabilität gewählt. Die Hälfte des Erntegutes wurde vor der Einlagerung in einem Vertikalfuttermischwagen angefeuchtet. In beiden Folienschläuchen entsprachen jeweils fünf Meter einer Applikationsstufe für das eingesetzte Siliermittel. Die ersten fünf Meter des Schlauches wurden als Kon-

trolle ohne Siliermittel gelegt. Im zweiten und dritten Abschnitt des HM-Schlauches wurde eine Zudosierung von zwei und vier Liter Siliermittel je Tonne Frischmasse vorgenommen. Bei den LM-Varianten im zweiten Schlauch erfolgte eine Verdopplung der Aufwandmengen auf 4 und 8 l/t FM, da aufgrund der geringeren Feuchtegehalte schlechtere Fermentations- und Lagerungsbedingungen gegenüber den HM-Varianten zu erwarten waren [2]. Zur Ermittlung der Gärqualität, der Gärverluste sowie des Temperaturverlaufs innerhalb der Schläuche während einer Lagerdauer von 50 Tagen wurden Bilanznetze mit Temperaturloggern nach einer modifizierten „buried bag-Methode“ eingelegt [3].

Dazu wurden Netze über zwei Klappen im Tunnel, die speziell für die Maschine im Kern- und Randbereich eingebaut waren, positioniert. Nach einer Lagerdauer von 50 Tagen fand die Entnahme aller Bilanznetze statt. Nach einer Rückwaage wurden Proben für die Analyse der Gärqualitätsparameter nach Keimgehalten gezogen.

Für die Untersuchung der aeroben Stabilität des im Folienschlauch gelagerten Weizens wurden aus jedem Beutelinhalt Proben entnommen und analog zu den Laborversuchen im Klimaschrank eingelagert.

## Laborversuche

Um in standardisierter Form die Varianten im Labor zu untersuchen, wurden zusätzlich zu den Folienschläuchen nach DLG-Richtlinien [4] Versuchsreihen in Kleinsilos (1,5 l Glas) mit dem Material aus den Schläuchen

M.Sc. Momme Matthiesen ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dr. Andrea Wagner ist Privatdozentin und Prof. Dr. Wolfgang Büscher leitet die Abteilung „Verfahrenstechnik der Tierischen Erzeugung“ am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn; e-mail: [m.matthiesen@uni-bonn.de](mailto:m.matthiesen@uni-bonn.de)

## Schlüsselwörter

Feuchtgetreide, Folienschlauch, Gärqualität, aerobe Stabilität, Konservierungsmittel

## Keywords

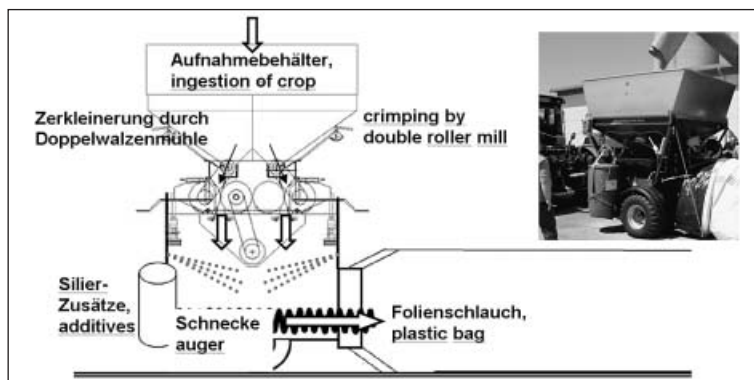
Moist grain, silage bag, fermentation quality, aerobic stability, silage additive

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 06315 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

*Bild 1: Skizze einer Schlauchpresse mit integrierter Getreidequetsche (Crimper Bagger)*

*Fig.1: Drawing of an ensiling unit with integrated crimper bagger*



zum Zeitpunkt der Einlagerung angelegt. Dadurch sollten parallel zu den Praxisversuchen Gärqualität und aerobe Stabilität sowie die pH-Wert-Absenkung ermittelt werden.

Zusätzlich zu der standardisierten Methode wurden auch das Material aus den Siliergläsern mit dem Untersuchungsziel Gärqualität nach 90 Tagen Lagerdauer und das Material aus den Bilanznetzen der Folienschläuche nach 50 Tagen Lagerung aerob im Klimaschrank gelagert und die Temperatur aufgezeichnet. In Anlehnung an Literaturwerte [4, 5, 6] wurde die kritische Temperatur für den Beginn des aeroben Verderbs mit einer Überschreitung der Umgebungstemperatur um 2 K definiert.

Um die Verdichtung von gequetschtem Weizen einordnen zu können, wurden im Labor Versuche mit einer Materialprüfmaschine durchgeführt. Die Vorgehensweise entspricht dabei der Methode zur Verdichtungsprüfung von Maishäckselgut [7].

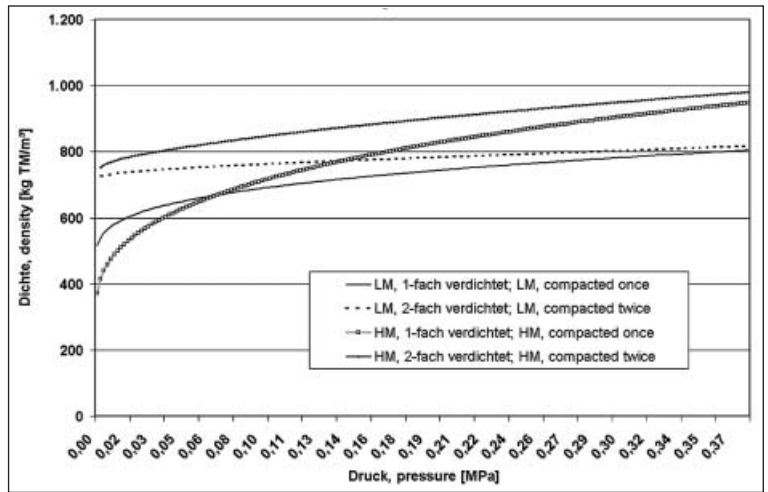
### Ergebnisse und Diskussion

Die Werte der Gärqualitätsanalyse (Tab. 1) bestätigen die erwarteten und in der Literatur für bekannte Lagerungsverfahren von Feuchtgetreide beschriebenen Ergebnisse [8]. Es wird deutlich, dass im Weizen mit einem durchschnittlichen Feuchtegehalt von 18 % keine Silierung stattgefunden hat. Trotzdem kann das Getreide im verschlossenen Folienschlauch durch den konservierenden Effekt des gebildeten CO<sub>2</sub> stabil gelagert werden.

Bei einem Feuchtegehalt von 30 % findet eine Silierung mit geringfügiger Milch- und Essigsäurebildung statt, die ausreicht, um ei-

Bild 2: Verdichtbarkeit von gequetschtem Weizen bei Feuchtegehalten von 18 % (LM) und 30 % (HM)

Fig. 2: Compressibility of crimped wheat with moisture contents of 18 % (LM) and 30 % (HM)



nen pH-Wert von 4,2 zu erreichen. Sehr geringe NH<sub>4</sub>-N-Gehalte deuten auf einen schnellen Abschluss der Fermentationsprozesse hin. Fehlende Buttersäure und sehr geringe Ethanolgehalte, die durch zunehmende Siliermittelaufwandmengen noch weiter reduziert werden können, unterstreichen die Qualität des Silierprozesses.

Ein eindeutiger Verlust an Trockenmasse während der Lagerung des Feuchtgetreides war weder unter Labor- noch unter Praxisbedingungen durch die angewandte Massenbilanz-Methode [9] nachzuweisen.

Die Entwicklung der Keimgehalte unter durchgängig anaeroben Verhältnissen im Folienschlauch wies, abgesehen von der unbehandelten LM-Variante, keine Grenzwertüberschreitung auf [10]. Hervorzuheben ist, dass im Gegensatz zu den im Labor ermittelten Keimgehalten, die bei beiden Feuchtestufen nur in den Kontrollvarianten Grenzwertüberschreitungen aufzeigten, neben allen behandelten Varianten insbesondere die unbehandelte HM-Variante im Folienschlauch kaum nachweisbare Gehalte enthielt.

Bei Betrachtung der aeroben Stabilität wird dies dadurch bestätigt, dass bei der silierten HM-Variante sowohl nach anaerober Lagerung im Schlauch (50 Tage) und im Glas (90 Tage) mit anschließendem Luftstress im Klimaschrank als auch beim geöffneten, unbehandelten HM-Folienschlauch keine Erwärmung festzustellen war. Weizen der LM-Variante ohne Siliermittelzusatz zeigte dagegen eine geringe aerobe Stabilität von nur drei Tagen am offenen Schlauch und von zwei Tagen im Labor auf. Unabhängig vom Feuchtegehalt konnten auf Laborebene bereits beim Einsatz von zwei Liter Siliermittel hohe Werte der aeroben Stabilität erreicht werden, die mit zunehmender Aufwandmenge nicht nachweisbar verbessert werden konnten. Am offenen Folienschlauch muss dies noch bestätigt werden.

Die Untersuchungsergebnisse zur Verdichtung gehen aus dem Druck-Dichte Diagramm (Bild 2) hervor. Deutlich wird, dass gequetschter Weizen der LM-Variante eindeutig schlechter verdichtet werden kann als die angefeuchtete Variante. Es werden bei einem Druck von 0,38 MPa Dichten von 800 kg TM/m<sup>3</sup> (LM) und 950 kg TM/m<sup>3</sup> (HM) erreicht. Die höhere Verdichtung von feuchtem Getreide trägt wesentlich zur Verbesserung der aeroben Stabilität und damit zur Erhaltung der Futterqualität bei.

### Fazit

Das Folienschlauchverfahren stellt eine Alternative zu konventionellen Lagerungsmethoden für Futtergetreide dar. Bei Feuchtegehalten von 18 % findet keine Fermentation statt. Eine aerobe Stabilität ist hier ohne Siliermittelzusatz nicht gegeben. Bei einem Feuchtegehalt von etwa 30 % konnte eine deutliche Silierung nachgewiesen werden. Erste Versuchsergebnisse deuten darauf hin, dass bei Luftzutritt auch ohne Siliermittelzusatz eine ausreichende Stabilität erreicht wird, was durch die Silierung und die bessere Verdichtung zu begründen ist. Der Effekt des Siliermitteleinsatzes auf die aerobe Stabilität im Folienschlauch ist noch zu untersuchen. Die Untersuchungen auf Labor- und Praxisebene werden fortgesetzt.

Parameter		LM			HM		
		0-Liter	4-Liter	8-Liter	0-Liter	2-Liter	4-Liter
pH-Wert	$\bar{x}$	6,5	6,0	5,6	4,2	4,2	4,1
	$s_x$	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0
Milchsäure [g/kg TS]	$\bar{x}$	0,0	0,0	0,0	16,8	10,1	13,2
	$s_x$	0,0	0,0	0,0	4,1	2,3	1,7
Essigsäure [g/kg TS]	$\bar{x}$	0,0	0,0	0,0	6,1	4,6	4,2
	$s_x$	0,0	0,0	0,0	2,0	1,5	1,0
Propionsäure [g/kg TS]	$\bar{x}$	0,9	2,3	4,6	1,1	1,4	2,5
	$s_x$	0,1	0,5	1,1	0,4	0,3	0,5
NH <sub>4</sub> -N [mg/kg TS]	$\bar{x}$	68,3	61,0	64,6	532,1	537,0	548,1
	$s_x$	8,1	0,9	6,5	88,7	51,1	64,7
Ethanol [g/kg TS]	$\bar{x}$	1,1	0,2	0,1	2,8	1,7	1,5
	$s_x$	0,5	0,1	0,1	0,5	0,3	0,3

Tab. 1: pH-Werte und Gärproduktgehalte in Weizen nach 50 Tagen Lagerung im Folienschlauch

Table 1: pH-values and contents in fermentation products in wheat after 50 days of storage in a plastic bag

Tab. 2: Aerobe Stabilität von Weizen nach 50 Tagen anaerober Lagerung im Folienschlauch und anschließender aerober Lagerung im Klimaschrank

Lagerort (anaerob)	Schlauch							
	18				30			
Feuchte [%]	18				30			
Lagerdauer	50 Tage Kern (anaerob)				50 Tage Rand (anaerob)			
	0	4	8	13	0	4	8	13
Siliermittel [l/t FM]	0	4	8	13	0	4	8	13
Aerobe Stabilität [Tage]	13	13	13	13	13	13	13	9
$s_x$	0	0	0	0	0	0	0	2

Table 2: Aerobic stability of wheat after 50 days of anaerobic storage in a silage bag and aerobic storage in a climatic test cabinet afterwards