

Luftdichte Lagerung von Getreide im Folienschlauch



Dr. Andrea Wagner

Dr. Udo Weber

Luftdichte Lagerung von Getreide im Folienschlauch

Dezember 2010

Dr. Andrea Wagner, Dr. Udo Weber

BAG Budissa Agroservice GmbH, Birnenallee 10 - 02694 Malschwitz

Tel.: 035932/35630 - Fax: 035932/35656, andrea.wagner@budissa-bag.de

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)

Prof. Dr. Yves Reckleben

Am Kamp 15-1724768 Rendsburg, Telefon: 04331 708110 Fax: 04331 7081120

Internet: www.rkl-info.de; E-Mail: mail@rkl-info.de

Was ist das RKL?

Das Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft ist ein bundesweit tätiges Beratungsunternehmen mit dem Ziel, Erfahrungen zu allen Fragen der Rationalisierung in der Landwirtschaft zu vermitteln. Dazu gibt das RKL Schriften heraus, die sich jeweils mit einem Schwerpunktthema befassen. In vertraulichen Rundschreiben werden Tipps und Erfahrungen von Praktikern weitergegeben. Auf Anforderung werden auch einzelbetriebliche Beratungen durchgeführt. Dem RKL sind fast 1.400 Betriebe aus dem ganzen Bundesgebiet angeschlossen.

Wer mehr will als andere, muss zuerst mehr wissen. Das RKL gibt Ihnen wichtige Anregungen und Informationen.

Titelfoto: 80.000 t Getreide im Folienschlauch, Agrarholding in Russland

Inhalt	Seite
1 Einleitung	
2 Lagerfähigkeit von Getreide	
3 Getreide im Folienschlauch - Technische Aspekte	
3.1 Entwicklungen in Deutschland.....	
3.2 Rotormaschinen - nicht nur für Rohfaserhaltige Substrate.....	
3.3 Farm Bagger für rieselfähiges Schüttgut.....	
3.4 Walzenmühlen (Crimper Bagger) mit Schlauchadapter.....	
3.5 Entnahme aus dem Folienschlauch.....	
3.6 Folienqualität von Siloschläuchen.....	
4 Getreidelagerung im Folienschlauch – Qualitätsaspekte	
4.1 Praxisversuche zur Lagerung von Konsumweizen im Folienschlauch.....	
4.2 Untersuchungen zu gemahlenem Feuchtgetreide im Folienschlauch.....	
4.3 Getreide im Folienschlauch - Was ist zu beachten?.....	
5 Kosten der Getreidelagerung im Folienschlauch	
5.1 Ganzes Korn (Rieselfähiges Schüttgut) im Folienschlauch.....	
5.2 Feuchtgetreide/-mais: Mahlen und im Folienschlauch lagern.....	
6 Praxisbeispiele: Getreide im Folienschlauch	
6.1 Feuchtmais als Ganzkorn im Folienschlauch.....	
6.2 Weizen und Gerste als Ganzkorn im Folienschlauch.....	
6.3 Feuchtgetreide, Feuchtmais gemahlen im Folienschlauch.....	
7 Literaturverzeichnis	

1. Einleitung

Getreide gleich verkaufen oder erst lagern und wenn lagern, dann auf dem eigenen Betrieb oder extern? Zur Betriebseigenen Nutzung von Getreide wird dieses entweder an Tiere verfüttert oder als Energierohstoff in der Biogasanlage eingesetzt. Wie sollte das betriebseigene Getreide gelagert werden, als feuchtes oder trockenes Futter, als ganzes Korn oder gemahlen?

Diese Fragen nehmen zu, denn die Getreidemärkte haben sich in den vergangenen Jahren verändert – auf den Rohstoffmärkten sind die Preise zunehmend unberechenbar geworden, nicht nur aufgrund der Wetterkapriolen. Mit den Preisschwankungen auf dem sogenannten *volatilen* Getreidemarkt wächst die Bedeutung kurzzeitiger Lagerkapazitäten für Getreide und damit auch die Anforderung an Flexibilität.

Oberste Regel, um Verderb im Getreidelager zu vermeiden, ist der Schutz vor Feuchtigkeit und vor Verunreinigungen. Rückverfolgbarkeit ist von der EU vorgeschrieben. Derzeit wird in der Praxis für die konventionelle Getreidelagerung je nach Anlagengröße mit Investitionskosten von 100 bis 250 EURO/t Getreide gerechnet, Kosten für die 6-monatige Lagerung beim Landhandel liegen bei 20 EURO/Tonne.

Viehhaltende Betriebe können durch die Konservierung von Feuchtgetreide und Feuchtmais Trocknungskosten sparen. Insbesondere die Getreideernte 2010 hat deutlich gemacht, was es bedeutet, nur kurze verfügbare Zeit für den Mähdrusch und Probleme mit Auswuchsgetreide zu haben. Eine vorgezogene Ernte des feuchten Getreides bringt Vorteile. Fütterungsversuche haben ergeben, dass es kaum Unterschiede gibt zwischen Futteraufnahme, Milchleistung oder Tiergesundheit von silierem und trockenem Körnerweizen. Warum dann trocknen?

Vor über 18 Jahren wurde die Folienschlauchtechnologie in Deutschland wiedereingeführt. Seitdem hat die Diskussion über das Verfahren beständig zugenommen. Gründe liegen in der vergleichsweise einfachen Arbeitswirtschaft, den geringen Gärverlusten, der hohen Flexibilität des Verfahrens und auch der hohen Futterhygiene im rundum geschlossenen System Schlauch. Gilt es doch, nicht nur das Investitionsrisiko gering zu halten, sondern auch das Verderbsrisiko.

Unterschiedliche Eigenschaften des meist organischen Ausgangsmaterials und unterschiedliche Ansprüche an die Verfahrensleistungen in der Ernte bzw. an die Weiterverarbeitung haben dazu geführt, dass es inzwischen verschiedene Bauarten von Silopressen gibt (mit Rotor, Schnecke, Walzenmühle etc.), die jeweils auch zur Einlagerung von Getreide im Folienschlauch eingesetzt werden.

Diese Schrift soll das Konservierungsprinzip der luftdichten Lagerung von Getreide im Folienschlauch beleuchten, die Technologie und Kosten darstellen und Empfehlungen für den Einsatz des Verfahrens geben. Einige Praxisbeispiele bilden den Abschluss.

2. Lagerfähigkeit von Getreide

Die Eingangsqualität von frisch geerntetem Getreide kann nur gehalten – nicht aber verbessert werden (MAIWALD, 2001). Mikroorganismen (Hefen, Pilze, Bakterien) und Getreideschädlinge können eine Qualitätsminderung hervorrufen. Die mikrobielle Aktivität im Getreidelager ist durch Kornfeuchte, Lagertemperatur, pH-Milieu und die CO₂-Konzentration in der Umgebungsluft zu beeinflussen. Unter aeroben Bedingungen reduzieren zunehmende Lagertemperatur und Feuchte die mögliche Lagerdauer (Tab. 1). Liegt der Feuchtegehalt von Getreide oberhalb 14%, so führt eine Lagerung ohne Konservierungsmaßnahmen durch die Stoffwechselaktivität der Mikroorganismen zur Selbsterwärmung, zu einer Erhöhung der Feuchtigkeit und zu einer Belastung mit Pilzgiften (Mykotoxine) (SPIEKERS, NUSSBAUM, POTTHAST, 2009).

Tab. 1: Maximale Lagerdauer von Getreide in Tagen (von KEISER, 2005)

Feuchte (%)	Lagerdauer bei gegebenen Lagertemperaturen (°C)					
	5	10	15	20	25	30
14	420	270	160	100	58	30
15	340	200	100	57	30	16
16	260	130	53	30	17	8
17	190	76	31	21	11	4
18	132	42	22	15	6	2

Mängel in der hygienischen Beschaffenheit entstehen jedoch nicht erst bei der Lagerung (WEIß et al., 2005). Durch Pilzbefall auf dem Feld oder im Lager können Toxine gebildet werden. Sogenannte Feldpilze bilden bereits vor der Ernte Toxine. In ungünstigen Jahren kann das Getreide bereits mit diesen Toxinen belastet sein. Lagerpilze treten erst bei unsachgemäßer Lagerung auf. Qualitätsminderung kann dabei auch durch Getreideschädlinge (z.B. Kornkäfer) hervorgerufen werden.

Um Verluste und Verderb während der Lagerung zu vermeiden, eignen sich folgende Maßnahmen: Wasserentzug (Trocknung), Wärmeentzug (Kühlung), Erhöhen des Säuregrades (Silieren) oder Sauerstoffabschluss (luftdichte Lagerung).

Konservierung und Lagerung sind eng miteinander verbunden. Die luftdichte Lagerung von Getreide wurde 1980 noch nahezu ausschließlich als Konservierung in Hochbehältern beschrieben (von KEISER, RKL-Schrift 1980). Butylsäcke, eingehängt in Baustahlgewebematten wurden als preiswerte Lösung aufgeführt, deren Produktion jedoch aufgrund von Problemen durch Schädlinge und bei der Entleerung wieder eingestellt wurde. Schon damals wurde die luftdichte Lagerung als das einzige Verfahren gesehen, das für die eigentliche Konservierung keine Energie benötigt, auch nicht bei zunehmendem Feuchtegehalt. Erntefrisches, feuchtes aber auch trockenes Getreide wird in geschlossene Silos gefüllt und luftdicht verschlossen. Die Kosten wurden schon damals unter dem Aspekt steigender Energiekosten positiv bewertet.

Alle Getreidearten können unabhängig vom Feuchtegehalt luftdicht gelagert werden (von KEISER, 1980). In Folge der Restatmung des Druschguts entsteht dabei eine Kohlendioxid-Atmosphäre, die eine Entwicklung von Mikroorganismen und Kornatmung unterbindet. Die Intensität der Vorgänge hängt vom Feuchtegehalt des Getreides ab. Mit zunehmender Feuchte werden unter Sauerstoffabschluss auch Milchsäurebakterien aktiv und unterstützen den Konservierungsprozess (Tab. 2).

Tab. 2: Luftdicht gelagertes Getreide nach 50 Tagen Lagerdauer bei unterschiedlichem Feuchtegehalt (MEIERING, RIEMANN, THYSELIUS, 1965)

Parameter	Einheit	Feuchtegehalt (%)			
		15	20	25	30
Milchsäuregehalt im Korn	%	-	0,2	0,4	0,8
Essigsäuregehalt im Korn	%	-	0,1	0,15	0,25
Buttersäuregehalt im Korn	%	0	0	0	0
Kohlendioxidgehalt im Behälter	Vol.-%	2,5	25	80	95
Sauerstoffgehalt im Behälter	Vol.-%	5	0	0	0

Seit einigen Jahren wird zur luftdichten Lagerung von Getreide, Ölsaaten und Körnerleguminosen die Folienschlauchtechnologie angeboten. Das flexible Verfahren bietet die Möglichkeit, Getreide feucht oder trocken, als ganzes Korn oder gemahlen im Schlauch zu lagern. Die geplante Nutzung des Getreides bestimmt die technischen Anforderungen (Abb. 1). Konsumgetreide erfordert zur Vermarktung eine Kornfeuchte von $\leq 14\%$, während Getreide, das für Bioethanol, Biogas oder als Futtermittel betriebseigen eingesetzt wird, auch mit höheren Feuchtegehalten luftdicht im Schlauch gelagert werden kann. Diese Technik soll im Folgenden vorgestellt werden.

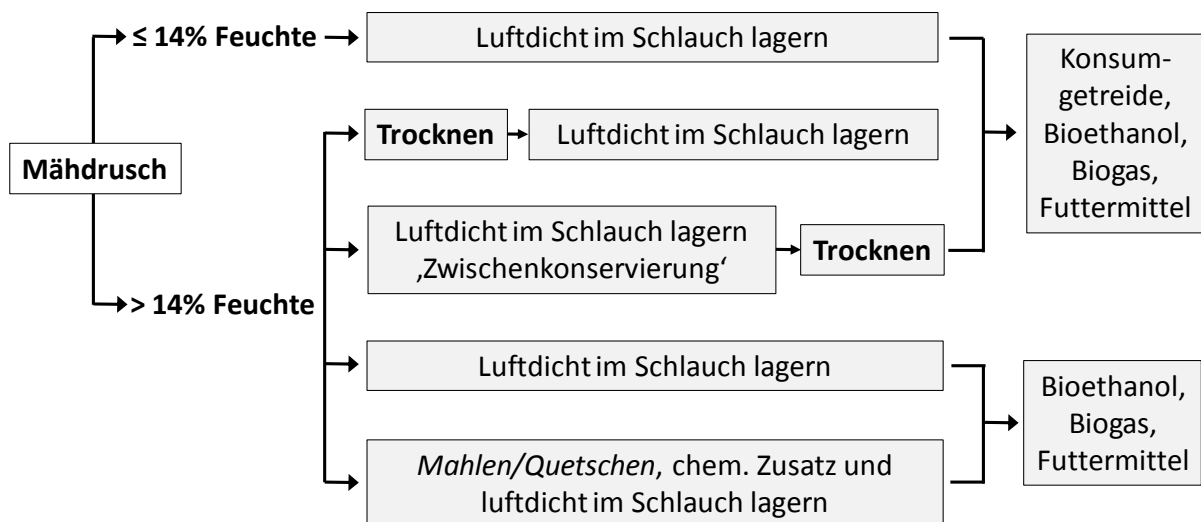


Abb. 1: Verfahrensalternativen der Getreidekonservierung / Lagerung im Folienschlauch

3. Getreide im Folienschlauch – Technische Aspekte

3.1 Entwicklungen in Deutschland

Silopressen wurden bereits 1968 von der Firma Eberhardt in Ulm produziert. Während das Verfahren schon damals aufgrund des frühzeitigen und kompletten Luftabschlusses von Siliergut im Folienschlauch für eine hervorragende Silagequalität gestanden hat, wurde die ‚Eberhardt-Presse‘ dennoch aufgrund mangelnder Leistung und eines hohen Arbeitsaufwands für das Auflegen des Folienschlauchs von anderen Silierverfahren überholt. Durch den Export in die USA Mitte der 70er Jahre konnte die Technologie dort technisch weiterentwickelt und modernen Ernteketten angepasst werden. Nach der Wende wurde die erste Silopresse nach Ostdeutschland importiert. Seit 1998 werden die Maschinen wieder in Deutschland gebaut und weltweit in über 20 Länder exportiert (internationale Bezeichnung BAGGER: to bag, engl., abpacken, einsacken, in Schläuche füllen).

Während die Entwickler der Eberhardt-Presse sich auf Gras und Mais konzentrierten, hat sich in den vergangenen Jahren die Palette der Substrate, die in den Folienschlauch gepresst werden, enorm erweitert - nicht zuletzt durch die Nutzung von Agrarprodukten als Energierohstoff und durch die Nutzung neuartiger industrieller Nebenprodukte (Pressschnitzel, Treber, Kleber, Trester usw.) (WEBER, 2006, WEBER, 2009).

Entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen werden Silopressen in verschiedenen Bauarten angeboten (für Rohfaserhaltiges Erntegut oder rieselfähiges Schüttgut, ohne oder mit Zerkleinerungsaggregat usw.) (Tab. 3). Allen gemeinsam ist die Lagerung/Konservierung in einem Polyethylen (PE)-Folienschlauch.

Tabelle 3: Verschiedene Bauarten von Silopressen

Bauelemente der Silopressen	Einsatzspektrum	Leistung
Futtertisch, Rotor; mit Gitter und/oder Anker	Grobfutter (Gras, Silomais, Luzerne, GPS), Getreide , Nebenprodukte (Pressschnitzel, Biertreber) u.a.	bis 180 t/h
Trichter und Schnecke	Rieselfähiges Schüttgut, Getreide , Mais, Düngemittel, Streusalz, Industrienebenprodukte	bis 360 t/h
Trichter und Schiebeschild	Kompostierung, organische Reststoffe, ganze Zuckerrüben	bis 140 t/h
Trichter, Walzenmühle und Schnecke	Getreide (feucht oder trocken) , Körnermais , Zuckerrüben, Industrienebenprodukte	bis 40 t/h
LKW mit Tunnel	Treber	

Zur Einlagerung von Getreide kommen vornehmlich Rotormaschinen, Farm Bagger und Walzenmühlen zum Einsatz, diese sollen im Einzelnen beschrieben werden.

3.2 Rotormaschinen – nicht nur für Rohfaserhaltige Substrate

Rotormaschinen werden grundsätzlich zur Silierung von Raufutter im Folienschlauch empfohlen. Ein Rotor, der das rohfaserhaltige Siliergut in den Schlauch presst, erzeugt einen Verdichtungsdruck über die gesamte Schlauchbreite. Diese Maschine wird ebenso zur Konservierung von Pressschnitzeln eingesetzt. Auch die Einlagerung von Getreide ist möglich.

Klassische Rotormaschinen werden mit einem Gitter angeboten. Ein Gitter am Ende des Schlauches, das wiederum über Seiltrommeln mit der Maschine verbunden ist, sorgt für den Druckaufbau bei der kontinuierlichen Zufuhr von Erntegut über einen Rotor in den Schlauch (Abb. 3).

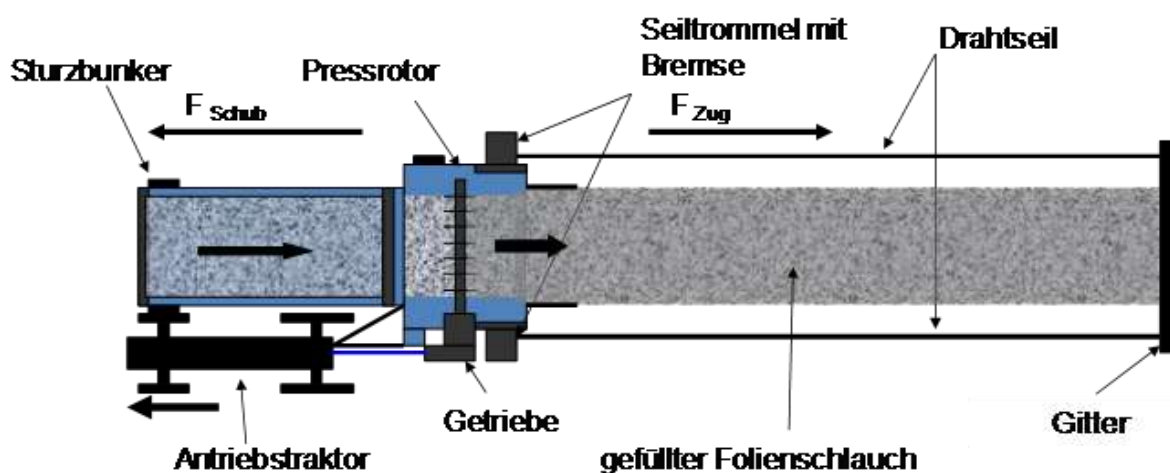


Abb. 3: Funktionsschema einer Siloschlauchpresse mit Rotor (MAACK, 2009)

Zur Befüllung der Rotormaschine werden in der Grobfutterernte Rückwärtskipper und Ladewagen eingesetzt. Um einen Stillstand der Silopresse zu vermeiden, ist eine durchgängige Transportkette zu gewährleisten.

Die durchschnittliche Leistung der gängigen Maschinentypen liegt bei 100 t/h – speziell für Biogasanlagen mit großen Anlieferleistungen gibt es neue Silopressen (Ankermaschinen) mit Leistungen bis zu 180 t/h. Rotormaschinen mit Ankersystem verzichten auf ein Gitter und arbeiten stattdessen mit ein bzw. zwei Anker (je nach Schlauchdurchmesser). Diese werden zunächst durch den Gutstrom in den Schlauch gezogen. Die Länge des Seils, an dem der Anker hängt, entscheidet über die Höhe des Pressdruckes. Am Schlauchende muss der Anker eingezogen werden.

Durch den Verzicht auf Gitter und Seiltrommel sind Schlauchlängen von bis zu 150 m möglich. Bei einem Durchmesser von 3,60 m erzielt man damit Lagermengen von 1.000 t pro Schlauch. Auch die Verfahrensleistung ist bei den Ankermaschinen größer, da durch den Wegfall des Gitterwechsels die Rüstzeiten für den Schlauchwechsel halbiert werden. Die verfügbaren Schlauchdurchmesser liegen somit zwischen 1,50 m und 3,60 m, in Schlauchlängen von ca. 30 m bis zu 150 m.

Diese Technik eignet sich zur Konservierung oder Lagerung von Maisprodukten (Maisganzpflanzen, LKS, CCM, Körnermais gemahlen und Körnermais als Ganzkorn), Getreide und Zuckerrübenpressschnitzel. Ebenso können Anwelkgüter wie Feldgras, Luzerne, Klee und Wiesengras mit der Rotormaschine im Folienschlauch konserviert werden.



Abb. 4: Rotormaschine, auch mit Adapter für rieselfähiges Schüttgut, hier Feuchtmais

Zur Einlagerung von Getreide kann die Rotormaschine auch mit einem speziellen Adapter ausgerüstet werden (Abb. 4). Die Befüllung kann in dem Fall mit einem Überladewagen erfolgen.

3.3 FARM BAGGER für rieselfähiges Schüttgut



Abb. 2: Farm Bagger und Einlagerung von Getreide im Folienschlauch

Mit einem Farm Bagger können Getreide sowie weitere rieselfähige Schüttgüter (z.B. Düngemittel, Streusalz) im Folienschlauch gelagert werden. Die traktorbetriebene

Maschine wird in der Regel über einen Trichter befüllt, das Getreide fällt auf eine Schnecke, die es in einen Schlauch presst (Abb. 2) - neuerdings gibt es auch erste Motormaschinen.

Die Verdichtung bzw. der Füllgrad im Schlauch wird über ein stufenlos regulierbares Bremssystem manuell gesteuert. Der Maschinenbediener kontrolliert die Foliendehnung (auf Schläuchen gedruckte Dehnstreifen, SOLL: Dehnung der Folie um maximal 10%,) und passt den Bremsdruck der Maschine entsprechend an. Dieses grundsätzliche Prinzip der Pressdruckregulierung gilt für alle Bauarten von Silopressen.

Die Füllmenge eines Schlauches mit 2,70 m bzw. 3,0 m Durchmesser liegt bei ca. 3,8 bzw. 4,5 t Getreide pro laufenden Meter. Eine Schlauch(Nenn-)länge von 90 m (Fülllänge ca. 83 m) bedeutet demzufolge eine Lagerkapazität von bis zu 375 t Getreide (neuerdings auch 150 m Schlauchlänge mit fast 700 t Getreide). Natürlich kann der Schlauch in der Länge beliebig gekürzt und den Betriebsbedingungen angepasst werden. Nach Abschluss der Befüllung wird der Schlauch verschlossen und mit Schutznetzen überzogen.

Erntefrisches Getreide kann parallel zum Mähdrusch verarbeitet werden. Nach Messungen des Instituts für Landtechnik des ungarischen Ministeriums für Landwirtschaft in Gödöllö (2008) liegt die durchschnittliche technische Leistung des Farm Baggers bei 360 t/h (Tab. 4). Die technologische Leistung des Farm Baggers hängt von der Leistung des Befüllsystems ab. Hier entscheidet die Abfuhrlogistik mit.

Prinzipiell stehen zur Befüllung verschiedene Optionen zur Auswahl:

- Überladewagen (> 200 t/h),
- Radlader und Trichter (100 t/h),
- Befüllband (auch für schwere Schüttgüter geeignet, z.B. Streusalz) (60-100 t/h),
- Befüllschnecke (60-80 t/h).

Tab. 4: Technische Leistungsparameter Farm Bagger, Fruchtart Körnermais (BELLUS et al., 2008)

Parameter	Einheit	Werte
Traktor: J.D.6520		
Motor	Drehzahl / min	2050
Zapfwelle	Umdrehungen / min	505
Körnermais, Feuchte	%	23,1
Bruchkorn Ernte	%	8,1
Bruchkorn im Schlauch	%	8,6
Bruchkorn durch Farm Bagger	%	0,55
Technische Leistung	t/h	366
Technologische Leistung	t/h	259
Leistung, Frontlader-Einsatz	t/h	122
Dieserverbrauch (technisch)	l/t	0,03
Dieserverbrauch (technologisch)	l/t	0,04
Betriebssicherheit	%	100

3.4 Walzenmühlen (Crimper Bagger) mit Schlauchadapter



Abb. 5: Walzenmühle mit Schlauchadapter

Walzenmühlen (Crimper Bagger), die mit einem Schlauchadapter ausgestattet sind, werden ebenfalls zur Getreidelagerung im Folienschlauch eingesetzt (Abb. 5). Feuchtgetreide (Futtergetreide oder Energierohstoff) wird dabei in einem Arbeitsgang gemahlen, mit Konservierungsmittel versetzt und nachfolgend in den Schlauch gepresst. Dieses Konservierungsverfahren für Feuchtgetreide spart Trocknungs- (Energie-), Arbeits- und Lagerungskosten.

Neben Getreide können auch Körnermais, -leguminosen, Raps und andere Druschfrüchte verarbeitet werden. Der Feinheitsgrad wird über die Walzenriffelung und den Walzenabstand bestimmt.

Auch ganzes Korn kann mit einem Crimper Bagger nach dem Ausbau der Walzen in einen Folienschlauch gepresst werden (Schlauchdurchmesser 1,50 m bzw. 1,95 m).

Die Maschine wird mit einem Radlader oder einer Schnecke befüllt. Die Leistung (mahlen und einlagern) liegt je nach Feinheitsgrad (Walzenoberfläche) bei bis zu 20 t/h (1 Doppelwalze) bzw. 60 t/h (2 Doppelwalzen). Die Leistung nach Walzenausbau zur Einlagerung von Ganzkorn ist natürlich entsprechend höher und wiederum von der Befüllleistung abhängig.

3.5 Entnahme aus dem Folienschlauch

Zur Auslagerung von Getreideganzkorn aus dem Folienschlauch können Frontlader, Gebläse oder eine Spezial-Entnahmetechnik eingesetzt werden. Dieses Traktorbetriebene Gerät wickelt die Folie während der Entleerung auf (Abb. 6). Das Getreide wird mit einer Querförderschnecke entnommen und nachfolgend mit einer Überladeschnecke auf die Transporteinheit gefördert. Die Leistung dieses Verfahrens liegt bei bis zu 280 t/h.



Abb. 6: Spezial-Entnahmetechnik für Getreide aus dem Folienschlauch

Gemahlenes Getreide kann mit der jeweils auf dem Betrieb vorhanden gängigen Technik aus dem Schlauch entnommen werden. Grundsätzlich ist eine effiziente Entnahme aus dem Folienschlauch mit den aus der Fahrsiloentnahme bekannten Gerätschaften 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 (Abb. 7). Dadurch kann mit leichtem Druck auf der damit fixierten Folie geschürft werden.



Abb. 7: Entnahme aus einem Siloschlauch

Die Entnahmeleistung hängt sowohl vom Substrat als auch von der Entnahmetechnik ab. Der Schlauchdurchmesser spielt für die Entnahmeleistung nur bei den Fräsverfahren eine signifikante Rolle.

Bei Lagerung der Schläuche auf befestigten Flächen und unter Einhaltung der Empfehlungen zum Anschneiden der Schläuche konnte in der Praxis beobachtet werden, dass sich dadurch 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).

3.6 Folienqualität von Siloschläuchen

Während Fahrsilofolien zumeist unterschiedliche Mengen an Rezyklaten enthalten, werden für Folienschläuche aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen (Reißfestigkeit, Reißdehnung) ausschließlich Primärrohstoffe verwendet. Die Foliendicke liegt in Abhängigkeit vom Schlauchdurchmesser in der Regel bei $> 200 \mu\text{m}$. Dieses Qualitätskriterium kann jedoch bei alleiniger Betrachtung zu Fehleinschätzungen führen (STEINHÖFEL, WEBER, MEISE, 2006).

Beim Folienschlauch ist die Folienoberfläche im Verhältnis zum Siloinhalt relativ groß. Hinzu kommen, bedingt durch den Pressvorgang der Silopresse, hohe mechanische Belastungen durch Druck- und Zugkräfte, die bei Fahrsilofolien kaum auftreten. Damit kommt den Parametern Reißdehnung, Reißfestigkeit, Weiterreißfestigkeit (shearing) und zum Teil Durchstoßfestigkeit (Dart Drop) bei Siloschläuchen eine besonders hohe Bedeutung zu. Tabelle 5 gibt einen Überblick über die DLG - Prüfnormen zur Erteilung des DLG - Gütezeichens für eine $200 \mu\text{m}$ dicke Fahrsilofolie. Dieser werden interne Qualitäts-Mindeststandards für einen Siloschlauch mit $2,70 \text{ m}$ Durchmesser im Vergleich gegenübergestellt. Es zeigen sich deutliche Unterschiede in den Mindestanforderungen.

Tab. 5: DLG Prüfnormen für Silofolien bis $200 \mu\text{m}$ und interne Mindeststandards Folienschlauch $2,70\text{m}$ (STEINHÖFEL, WEBER, MEISE, 2006)

Parameter	Einheit	DLG Standard Fahrsilofolie	Mindeststandard 2,70 m Schlauch
Rezyklatanteil Rohstoff		möglich	ohne
Foliendicke	μm	200	215
Abweichung Nenndicke	%	± 5	keine
Abweichung Einzelwerte	%	± 15	± 12
Reißfestigkeit	N/mm^2	≥ 17	> 23
Reißdehnung	%	≥ 400	> 750
Weiterreißfestigkeit	g	-	> 1.800
Durchstoßfestigkeit	g	-	> 800
Gasdurchlässigkeit	$\text{cm}^3\text{O}_2/\text{m}^2$	< 250	< 200
UV Beständigkeit	Monate	n. Hersteller	24

Während eine Silofolie mit den genannten technischen Eigenschaften bei fachgerechtem Einsatz eine Silage in aller Regel für ein Jahr zuverlässig schützt, muss ein Siloschlauch aufgrund des spezifischen Anforderungsprofils deutlich höhere technische Werte aufweisen.

Bei Siloschläuchen spielt die Farbe (gemessen durch Lichtwert und Weißgrad) vermutlich eine deutlich größere Rolle als bei Fahrsilofolien. Im Sommer kommt es zur Erwärmung und damit Dehnung der Schläuche. Ein verringerter Weißgrad kann zum erhöhten Aufheizen führen und durch die hohen Zug- und Druckkräfte zum Reißen des Schlauches. Der Reibwert ist bei Folienschläuchen ebenfalls von großer Bedeutung. Ist er zu hoch, können schlagartig mehrere Folienfalten vom Tunnel rutschen. Der Bediener hat erhebliche Zusatzaufwendungen, um die Folie wieder auf den Tunnel zu schieben.

Meist wird die UV - Stabilität der Folie gegen die zersetzende Wirkung der Sonnenstrahlung unterschätzt. Auch wenn man davon ausgeht, dass Silos im Durchschnitt nicht länger als 12 Monate liegen, kann man diese Annahme für Siloschläuche nicht riskieren. Die höchsten Standards gehen in Mitteleuropa von 24 Monaten, mindestens aber 18 Monaten Stabilisierung aus (die Intensität der Sonnenstrahlung ist auch lageabhängig), was den Preis der Folie erhöht. Da beim Schlauch im Gegensatz zum Fahrsilo starke Zug- und Druckkräfte wirken, kann sich eine frühere Degenerierung der Folie dramatischer auswirken und zum Platzen des Schlauches führen. Die Gasdurchlässigkeit einer Folie ist stark von deren Dicke abhängig. Da Qualitätssiloschläuche aus besseren Rohstoffen in der Regel immer dicker als 200 µm sind und damit die Gasdurchlässigkeit über den DLG Prüfnormen liegt, stellt sich die Frage dazu primär nicht.

4. Getreidelagerung im Folienschlauch – Qualitätsaspekte

4.1 Praxisversuche zur Lagerung von Konsumweizen im Folienschlauch

Wie werden Qualitätsparameter bei der 6-monatigen Lagerung von Konsumgetreide im Folienschlauch beeinflusst, das mit einem lagerfähigen Trockenmassegehalt geerntet wurde? Die Beantwortung dieser Frage war Ziel eines Praxisversuchs. Zur Getreidelagerung im Folienschlauch wurden 2008/09 erstmals wissenschaftliche Untersuchungen in Deutschland durchgeführt (Leibnitz-Institut für Agrartechnik Potsdam Bornim in Zusammenarbeit mit der BAG Budissa Agroservice GmbH) (WAGNER, IDLER, 2009).

Durch die Budissa Agrarprodukte Preitz/Kleinbautzen GmbH wurde Weizen der Sorte Tarso mit einem Feuchtegehalt von 10,9 % mit einem Ertrag von 87 dt / ha geerntet. Der Rohproteingehalt betrug 14,8 % TM, der Stärkegehalt 67,2 % TM, die Fallzahl 407, das HL Gewicht 79,6 und der Sedimentationswert 43.

Mit einem Farm Bagger wurden 75 t Getreide in zwei Folienschläuche (2,70 m Durchmesser) eingelagert (Abb. 8). In den Schlauch 1 wurden an jeder Längsseite 4 Ventile für die späteren regelmäßigen Probenahmen eingesetzt, in den Schlauch 2 nur 4 Ventile an einer Seite. Der Schlauch 2 sollte zur Kontrolle nur nach 6 Monaten beprobt werden, um eine mögliche Veränderung der Qualität durch die Probenahmen auszuschließen.

Für die Ermittlung des Temperaturverlaufes in den Schläuchen wurden in Schlauch 1 acht Datalogger durch die Ventile eingebracht, in Schlauch 2 vier Logger. Abgedeckt wurden die Schläuche mit Vogelschutzgittern und Sandsäcken. Eine Kontrollpartie verblieb in der Lagerhalle (Abb. 8), in der das Getreide bereits nach der Ernte gelagert worden war. In den Weizenhaufen wurden vier Datalogger eingebracht.



Abb. 8: Siloschläuche mit Weizen gefüllt und Lagerhalle als Vergleichsvariante

Zur Einlagerung, nach zwei und vier Wochen sowie nach 3 und 6 Monaten wurden Schlauch 1 und Kontrollpartie beprobt. Aus dem Schlauch wurden durch alle acht Ventile Proben aus zwei verschiedenen Höhen entnommen: unmittelbar unter der

Folienoberfläche und in ca. 1,20 m Tiefe. Aus der Kontrollpartie wurden ebenfalls acht Proben gezogen, vier unterhalb der Oberfläche, vier in ca. 0,80 m Tiefe.

Proben aus Schlauch 2 wurden nur nach 6 monatiger Lagerung in die Untersuchungen einbezogen. In allen Lagerformen wurde der Temperaturverlauf während der Lagerung ermittelt. Von den Proben wurden folgende Parameter nach Methoden der VDLUFA untersucht: Trockenmasse, pH-Wert, Stärke- und Rohproteingehalt sowie der Gehalt an Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen. Nach sechs Monaten erfolgte zusätzlich eine Bewertung des Keimverhaltens durch die Bestimmung der Keimkonzentration und der Keimfähigkeit.

In den Folienschläuchen wurden annähernd die gleichen Temperaturverläufe gemessen: ein allmähliches Absinken der Temperatur und eine Annäherung an die Außentemperaturen. Die Verläufe lassen auf sehr geringe mikrobiologische Aktivitäten schließen (Abb. 9).

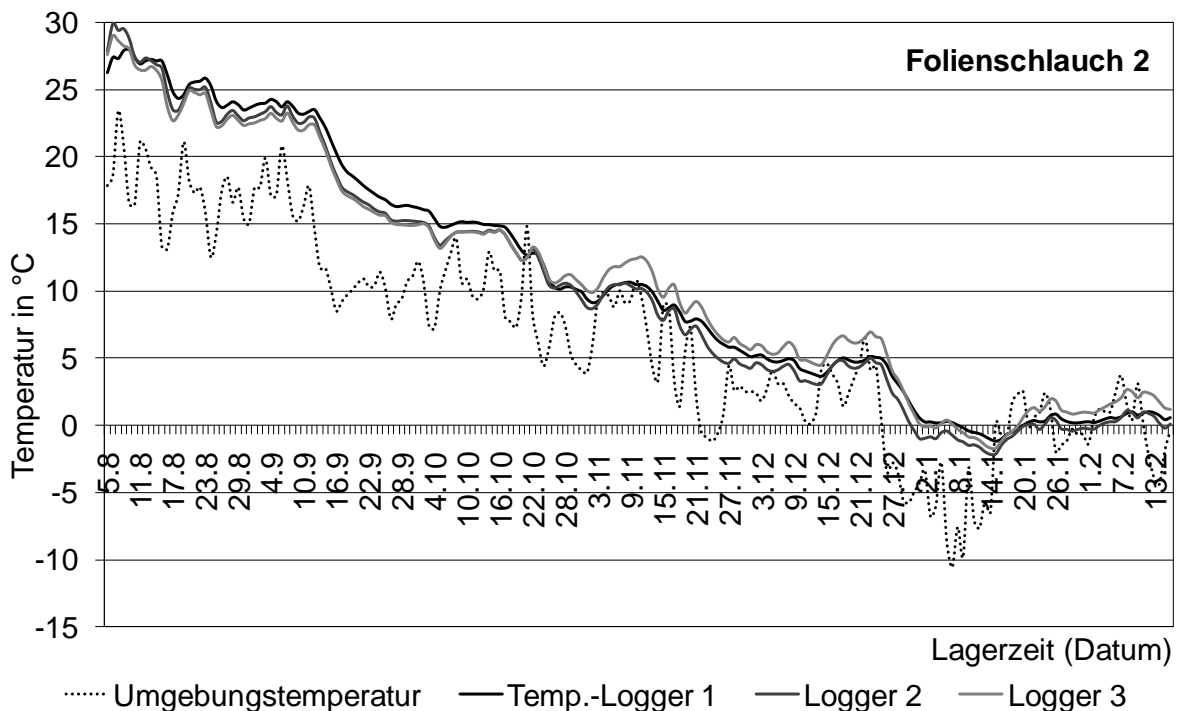


Abb. 9: Temperaturverlauf im Schlauch 2 und Außentemperatur über die Lagerdauer (WAGNER, IDLER, 2009)

Ein Vergleich der chemischen und mikrobiologischen Kennwerte der Lagerungsvarianten Schlauch und Lagerhalle zeigt ebenfalls einen nahezu gleichsinnigen Verlauf (Abb. 10). Die zum Zeitpunkt der Einlagerung vorhandenen Inhaltsstoffe Stärke und Rohprotein sind nach 6 Monaten Lagerung im Folienschlauch in nahezu unveränderten Gehalten vorhanden. Ebenso ist der pH-Wert unverändert und es ist kein Anstieg der untersuchten Mikroorganismengruppen zu verzeichnen. Die Gehalte der untersuchten Keimgruppen liegen im Bereich der Richtwerte für Getreidemahlerzeugnisse der DGHM (2007).

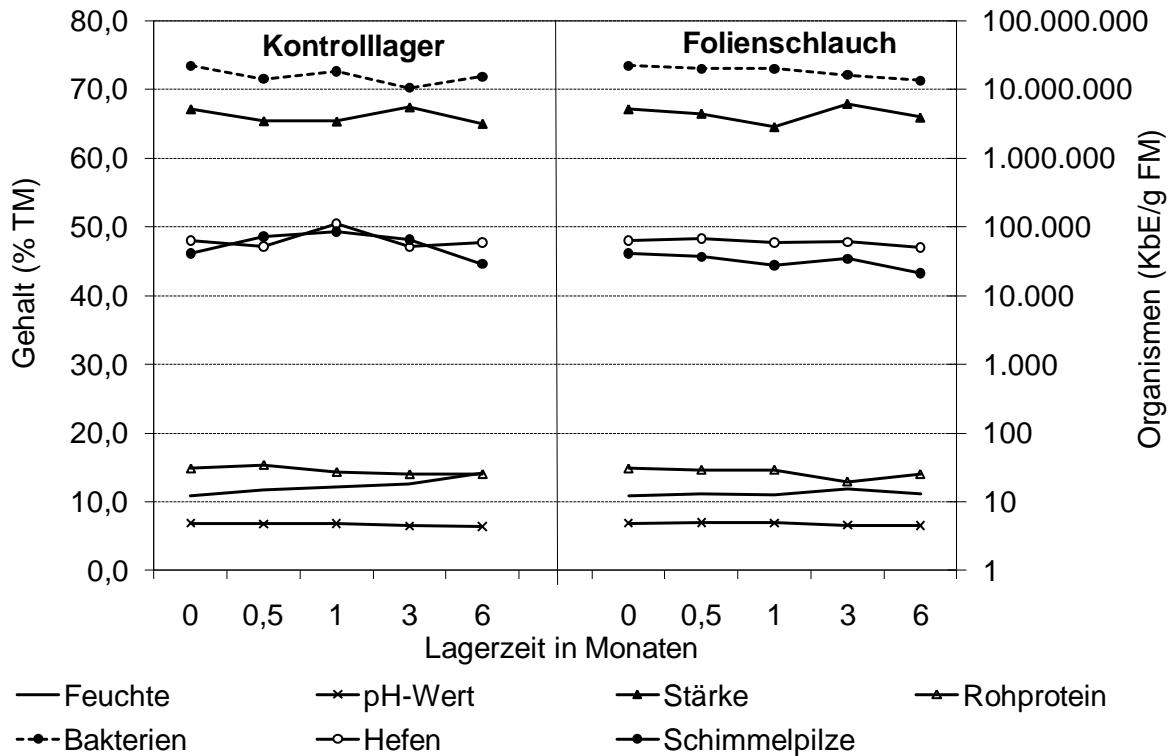


Abb. 10: Chemische und mikrobiologische Kennwerte von Weizen während der 6monatigen Lagerung in Kontrolllager und Folienschlauch (WAGNER, IDLER, 2009)

In diesem Praxisversuch konnte somit gezeigt werden, dass Weizen mit lagerfähigem Trockenmassegehalt in Folienschläuchen bis zu sechs Monaten ohne Qualitätseinbußen gelagert werden kann.

Die Keimfähigkeit wurde nach 6monatiger Lagerung ermittelt. Von jeder Ansatzvariante (Kontrolle, Schlauch 1 und 2) wurden 4 x 100 Körner nach Vorschrift in Petrischalen (\varnothing 15 cm) ausgelegt und bei 20°C gelagert. Jeweils zwei Schalen je Variante wurden zunächst für drei Tage bei 4°C gekühlt um eine evtl. vorhandene Dormanz zu brechen. Täglich wurden die jeweils gekeimten Körner (sichtbare Keimwurzel) herausgenommen und nach fünf Tagen die Keimfähigkeit in Prozent angegeben. Die nach 6monatiger Lagerung ermittelte Keimfähigkeit der unterschiedlichen Partien ist in Tab. 6 dargestellt. Eine Vorkühlung erwies sich nicht als notwendig, d.h. die Körner befanden sich nicht in Keimruhe. Im Mittel liegt die Keimfähigkeit der Kontrollproben mit 98 % etwas höher als die der in Schläuche gelagerten Proben mit 94 %.

Ebenfalls nach der letzten Probenahme wurde von jeder Ansatzvariante (Kontrolle, Schlauch 1, Schlauch 2) anhand von 2 x 50 Körnern die Keimpotenz mittels TTC-Test (TTC: 2-, 3-, 5-Triphenylterazoliumchlorid, MERCK 8380) beurteilt. Dazu werden die Körner ca. 30 Minuten in 40°C warmem Wasser eingeweicht und anschließend mit einem Skalpell längs halbiert, so dass der Keimling gut zu erkennen ist. Von jedem geteilten Korn wird nur eine Hälfte mit 0,5 %iger TTC-Lösung vollständig bedeckt. Nach einstündiger Inkubation bei 35°C die rotgefärbten Keimlinge ausgezählt.

Bereits eine 1/3 Rotfärbung des Keimlings signalisiert das Vorhandensein aktiver Enzyme für die Keimung. Die Keimpotenz (Tab. 7) ist mit 97 % im Mittel bei allen Proben gleich hoch. Der Hauptanteil der Körner war jeweils zur Hälfte gefärbt. Der Weizen zeigt nach der 6monatigen Lagerungszeit im Folienschlauch das gleiche Keimverhalten wie der in einer Halle gelagerte Weizen.

Tab. 6: Keimfähigkeit des Weizens nach 6-monatiger Lagerung in Abhängigkeit von der Lagerart (IDLER, 2009)

Probe		Anzahl der gekeimten Körner nach					Summe	Mittelwert
		1d	2d	3d	4d	5d		
Kontrolle	K1	0	80			17	97	98
	K2	0	0			99	99	
	K3 ¹⁾			100	0	0	100	
	K4 ¹⁾			96	2	0	98	
Schlauch 1	K1	0	77			3	80	93
	K2	0	91			5	96	
	K3 ¹⁾			94	3	0	97	
	K4 ¹⁾			98	1	0	99	
Schlauch 2	K1	0	76			24	100	95
	K2	0	85			0	85	
	K3 ¹⁾			97	2	0	99	
	K4 ¹⁾			58	35	4	97	

¹⁾ Vorkühlung

Tab. 7: Keimpotenz des Weizens nach 6monatiger Lagerung in Abhängigkeit von der Lagerart (IDLER, 2009)

Probe		Anzahl der Körner				Keimpotenz in %
		keine Rotfärbung	Anteil der Rotfärbung			
			¼	½	¾	
Kontrolle	1	16	27	6	0	98
	2	13	19	16	0	96
Schlauch 1	0	19	21	10	0	100
	0	14	21	14	1	100
Schlauch 2	5	23	15	7	0	90
	2	18	15	14	1	96

Auch Untersuchungen in Texas ergaben, dass es innerhalb einer Kurzzeitlagerung von trockenem Körnermais (< 14% Feuchte) über mindestens 2 Monate zu keinerlei Veränderungen des Maises kam. Die Temperatur im Schlauch sank sogar während der Lagerung, Aflatoxingehalte stiegen nicht an und der Insektenbesatz ging durch den Sauerstoffabschluss zurück.

4.2 Untersuchungen zu gemahlenem Feuchtgetreide im Folienschlauch

Die luftdichte Lagerung von gemahlenem Feuchtgetreide im Folienschlauch wurde 2006/2007 ebenfalls in Experimenten u.a. in Schleswig Holstein untersucht (MATTHIESEN, 2008). Hier galt es u.a., den Einfluss des Feuchtegehalts auf die Qualität und Stabilität zu analysieren. Die Einlagerung von gequetschtem/gemahlenem Futtergetreide in Folienschläuchen erfolgte mit einem Crimper Bagger (vgl. Kap. 3.4).



Abb. 11: Experimente zur Feuchtgetreidekonservierung (Matthiesen, 2008)

In den Experimenten (Abb. 11) konnte aufgezeigt werden, dass eine verlustarme Lagerung aller untersuchten Feuchtgetreidearten unabhängig vom Feuchtegehalt unter Luftabschluss im Folienschlauch möglich ist. Ein stabilisierender Effekt durch die Bildung von Gärssäuren tritt in Getreide nur bedingt und erst ab Feuchtegehalten über 25 % auf (Tab. 8). Es wurden charakteristische Unterschiede zwischen den Getreidearten aufgezeigt. In Weizen konnten generell höhere Gärsäuregehalte erreicht werden als in Gerste. Durch eine Anfeuchtung sind im Vergleich zu erntefrischem Getreide mit vergleichbarem Feuchtegehalt verdoppelte Gärsäuregehalte in der Silage erreichbar.

Tab. 8: Gärqualität von Feuchtgetreide im Folienschlauch (ohne chemischen Konservierungszusatz) (MATTHIESEN, 2008)

	Einheit	Gerste		Weizen	
Feuchte-Gehalt	%	31,4	17,4	26,6	21,1
pH	g/kg TM	5,2	6,1	4,6	6,1
Essigsäure	g/kg TM	0,8	0,3	1,6	0,1
Propionsäure	g/kg TM	0,2	0,1	0,1	0,1
Milchsäure	g/kg TM	2,1	0,1	6,9	0,2
Ethanol	g/kg TM	3,0	0,4	1,6	0,4
NH₄	mg/kg TM	378,7	88,4	249,8	59,1

Durch den Einsatz des chemischen Konservierungsmittels Kofa Grain pH 5 wurde die Fermentation zwar deutlich reduziert, jedoch konnten die Keimgehalte signifikant gesenkt werden. Daraus resultierte selbst bei einem minimalen Vorschub von einem Meter pro Woche bei einer Aufwandmenge von 4 l/t FM eine ausreichende Stabilität aller Getreidevarianten.

Der Einsatz eines chemischen Konservierungsmittels ist daher grundsätzlich zu empfehlen. Für eine stabile Lagerung im Folienschlauch müssen Beschädigungen durch Vögel und Nagetiere durch Schutzmaßnahmen (Siloschutzgitter, Schadnagerkontrolle) dauerhaft verhindert werden.

4.3 Getreide im Folienschlauch - Was ist zu beachten?

Die Einlagerung und Haltbarkeit von Getreide im Folienschlauch richten sich demzufolge nach dem Ausgangsmaterial, dem Einsatzzweck und der Lagerdauer. Eine Checkliste für die Einlagerung von Getreide im Folienschlauch zeigt Tab. 9. Diese Checkliste verdeutlicht, dass es viele Kombinationsmöglichkeiten zur Einlagerung von Getreide gibt, die sich sowohl nach den Eigenschaften des Ausgangsmaterials als auch nach dem Verwendungszweck richten.

Ein Betrieb, der z.B. kurzzeitig feuchtes Getreide ‚zwischenlagern‘ muss, aufgrund mangelnder Trocknungskapazitäten der Biogasanlage, entnimmt das Getreide nach kurzer Zeit in großen Chargen. Ein Betrieb, der das Getreide zur betriebseigenen Fütterung einsetzt und den Schlauch nicht komplett verarbeitet, hat ungünstigere Voraussetzungen.

Tab. 9: Checkliste zur Einlagerung von Getreide im Folienschlauch

1	Getreideart	◇ Weizen ◇ Gerste ◇ Mais ◇ _____
2	Einsatzbereich	◇ Konsum-/ Saatgetreide (weiter bei 5.) ◇ Betriebseigenes Futtermittel ◇ Energierohstoff: Biogas ◇ Energierohstoff: Bioethanol
3	Mahlen/Quetschen	◇ ja ◇ nein
4	Chemischer Zusatz	◇ ja ◇ nein
5	Lagerdauer (Temperatur)	◇ bis 3 Mon. (Herbst/Winter) ◇ 3 - 6 Mon. (Frühjahr) ◇ 6 - 12 Mon. (Sommer)
6	Entnahmemengen (Vorschub)	◇ Kompletter Schlauch ◇ > 1 m Tag ◇ < 1 m Tag
7	Feuchte	_____ %

Die Einlagerung von Getreide im Folienschlauch ohne Konservierungsmittel mit dem Ziel der späteren Trocknung (kurzzeitige Lagerung, bis etwa 3 bis 6 Monate, vor allem in der kühleren Jahreszeit, also bis spätestens Februar / März) ist möglich, jedoch mit Risiken verbunden. Es ist auf eine absolute Dichtheit der Schläuche sowie eine gute Verdichtung (Dehnstreifen) zu achten.

Für Futtergetreide mit dem Ziel der längerfristigen Lagerung wird ein Mahlen unter Zusatz eines chemischen Konservierungsmittels empfohlen, das homogen mit dem Getreide gemischt werden muss.

Bei Feuchtegehalten ab 17% ist mit einer leichten Säuerung (Milch- und Essigsäure) zu rechnen, was jedoch außer geringsten biologischen Verlusten keine Nachteile bringt. Bei späterer Trocknung sind die Säuren flüchtig. Je nach Wetterlage kann mit stark erhöhten Keimgehalten bereits auf dem erntefrischen Getreide gerechnet werden (siehe Saison 2010), vor allem mit Schimmelpilz- und Hefekeimen. Diese werden aufgrund des Sauerstoffabschlusses im Schlauch gehemmt und können in aller Regel nicht weiter wachsen. Sie sterben jedoch nicht ab und können sich bei Öffnung (Sauerstoffzutritt) des Schlauches sprunghaft vermehren. Deshalb ist eine zügige Entnahme nach Öffnung erforderlich.

Durch Pilzbefall im Feld oder im Lager können Toxine gebildet werden, Feldpilze bilden bereits vor der Ernte Toxine. Für diese Pilzgifte gibt es Grenzwerte, bei deren Überschreiten ein Handel des Getreides per Gesetz verboten ist. Bei Schlauchlagerung kommt es nicht zwangsweise zu einer Pilzvermehrung und damit möglicherweise Mykotoxinbildung, jedoch erfolgt im Schlauch auch kein Abbau bereits gebildeter Mykotoxine. Es empfiehlt sich in solchen Fällen vor der Einlagerung der Rohware mindestens eine mikrobiologische Untersuchung des Ausgangsmaterials je Schlauch vorzunehmen und auf Schimmelpilz- und Hefekeime sowie die Mykotoxine Aflatoxin, Zearalenon und Ochratoxin untersuchen zu lassen.

Bedienhinweise der Schlauchsilierung, vor allem zum Schutz vor Beschädigungen und die absolute Gasdichtheit der Schläuche sind einzuhalten.

Auf Basis der Checkliste (Tab. 9) lässt sich zunächst auf einfache Art systematisch ableiten, worauf zu achten ist und welche Beratungsempfehlungen zu geben sind. Diese müssen auf den Forschungsergebnissen aufbauen.

5. Kosten der Getreidelagerung im Folienschlauch

5.1 Ganzes Korn (Rieselfähiges Schüttgut) im Folienschlauch

Ob die betriebseigene Lagerung von Druschfrüchten rentabel ist, oder sich die Anmietung von Lagerraum rentiert, oder der Verkauf direkt zur Ernte die günstigste Alternative ist, muss einzelbetrieblich beurteilt und entschieden werden (GRUBE, 2009). Die Verfahrenskosten der Lagerung von Getreide im Folienschlauch setzen sich aus den Maschinen-, Arbeits- und Folienkosten zusammen. In einem Kalkulationsbeispiel wurden zusätzlich die Kosten für eine Befüllschnecke berechnet (Abb. 12; Tab. 10).



Abb. 12: Einlagerung von Getreide mit Farm Bagger und Befüllschnecke

Tab. 10: Kostenkalkulation der Einlagerung von Getreidekorn im Folienschlauch

Kostenpunkt	Einheit	Auslastung (t/Jahr)	
		5.000	20.000
Invest. Farm Bagger	€	17.000	
Invest. Befüllschnecke		7.000	
Invest. Spezial Entnahmetechnik		25.000	
Invest. Summe		49.000	
Nutzungsdauer	Jahre	6	
Leistung, Einlagerung im Folienschlauch	t/h	100	
Leistung, Auslagerung	t/h	100	
Folienschläuche:			
Schlauchdurchmesser // -länge	m	Ø 2,7 // Länge 90 m	
Schlauchinhalt	t	315	
Anzahl Schläuche	n	16	63
Kosten zur Ein- und Auslagerung			
Abschreibung, 6 Jahre	€/Jahr	8.170	8.170
Kapitalverzinsung (1/2 Kapital, 6% pro Jahr)		1.470	1.470
Reparaturen (0,10 €/t)		1.000	4.000
Traktor ¹⁾		4.500	18.000
Lohn ^{2), 3)}		1.620	6.475
Folienkosten		9.510	38.000
Gesamtkosten pro Jahr		26.270	76.115
Gesamtkosten pro Tonne	€/t	5,30	3,80
davon Folienkosten (hier ohne Rabatt)		1,90	1,90

¹⁾ Einlagerung 4,5 Bh je Schlauch, 50 € je Bh (inkl. Diesel); Auslagerung Schlepper 40 €/h

²⁾ Lohn Ein- und Auslagerung 15 €/h ³⁾ Einlagerung 5 h je Schlauch

Die Investitionskosten zur Einlagerung von Getreide im Folienschlauch mit einer separaten Befüllschnecke, Farm Bagger und zugehöriger Spezialtechnik zur Auslagerung betragen 49.000 EURO. Die Technik amortisiert sich bereits in kurzer Zeit (6 Jahre) (Planungssicherheit). Mit zunehmender Auslastung sinken die Maschinenkosten, hier im Vergleich 5.000 t und 20.000 t pro Jahr. Die Gesamtkosten der Eigenmechanisierung betragen je nach Tonnage 3,80 €/t (20.000 t/Jahr) bzw. 5,30 €/t (5.000 t/Jahr). Eine zusätzliche Flächenbefestigung zur Ablage der Schläuche würde bei einem Flächenbedarf von durchschnittlich 1 m²/Tonne zusätzliche Kosten von ca. 2,00 € pro Tonne verursachen.

Ein Kostenvergleich verschiedener Anlagen zur Lagerung von rund 2.000 t Weizen (Außenrundsilo, Flachlager mit Stahlzellen und Folienschlauch) hat für das Folienschlauchverfahren (betonierte Fläche, mit Spezialentnahmetechnik) für Kosteneinsparungen von über 50% ergeben (GRUBE, 2009). Als Gesamtinvestition zur Einlagerung von 2.000 t Getreide im Flachlager wurden 244.360 EURO bei bestehender Bauhülle bzw. 364.734 € im Falle eines Neubaus berechnet. Für eine Rundsiloanlage (Hochbehälter) wurden 223.000 EURO kalkuliert (Tab. 11).

Tab. 11: Kosten der Weizenlagerung (GRUBE, 2009)

	Rundsilo (2.000 t)	Flachlager (2.160 t)
Gesamtinvestition	222.901 €	364.734
Abschreibung (18 Jahre)	12.844 €/a	22.638 €/a
Zins	6.486 €/a	9.738 €/a
Wartung	1.056 €/a	1.283 €/a
Fixkosten	20.386 €/a	33.660
Betriebsstoffe, Reparaturen	4.631 €/a	4.939 €/a
Lohnansatz	3.104 €/a	1874 €/a
Variable Kosten	7.735 €/a	6.813
Gesamtkosten	28.121 €/a	40.473 €/a
	14,06 €/t	18.74 €/t

Bei Kosten von 100 €/t liegt demzufolge das Investitionsvolumen zur konventionellen Lagerung von 10.000 t Getreide im Hochbehälter oder Flachlager im Bereich von einer Million EURO.

Die durch aus der hofeigenen Lagerung resultierenden Kosten werden wesentlich durch die Höhe der Investitionskosten bestimmt, da alleine auf die Abschreibung ca. 60-75% der Kosten entfallen (RUCH, 2009). Um das hohe Investitionsrisiko zu vermeiden und die finanzielle Liquidität zu sichern, gibt es auch die Möglichkeit, das Getreide kurzzeitig extern einzulagern. Für das Einlagern von Getreide beim Landhandel z.B. in Hessen werden nach Lagerdauer durchschnittlich ca. 20 €/t. berechnet.

5.2 Feuchtgetreide/-mais: Mahlen und im Folienschlauch lagern

Steigende Trocknungskosten und niedrige Getreide- und Maispreise stellen insbesondere die Körnermaistrocknung in Frage. Deshalb empfiehlt es sich, das energie-reiche Futter selbst zu konservieren. Die Kosten der Lohnarbeit zur Herstellung des sofort fütterungsfertigen Maises und Lagerung im Folienschlauch belaufen sich auf etwa 13 €/t. Der Siliermitteleinsatz kann, aufgrund des vollen Luftabschlusses mini-miert werden (MATTHIESEN, 2008). Vorteile des Verfahrens sind auch hier die hohe Flexibilität und die niedrigen Investitionskosten (Tab.12).

Tab. 12: Was macht man mit 1.000 t Feuchtmais (35% Feuchte) ab Feld?
(STEINHÖFEL, WEBER 2008)

Kriterium	Trock-nung, Lohn	Harvestore, eigen	Säure-konser-vierung, eigen	Walzen-mühle, Lohnarbeit, Schlauch	Walzen-mühle, eigen, Schlauch
Kosten	30 €/t	21 €/t	15 €/t	13 €/t	10 €/t
Investition	-	175.000	5.000	-	70.000
Kapazität (t/a)	unbe-grenzt	1.000	unbe-grenzt	unbegrenzt	15.000
Nutzungs-dauer (Risiko)	-	15	5	-	3
€/Jahr	29.700	21.000	15.000	13.000	10.000
relativ	297	210	150	130	100
Mehrauf-wand	19.700	11.000	5.000	3.000	0
unberück-sichtigt	Aufberei-tung, Trans- porte, Lagerung	Überlage-rung, Mindernut-zung	zusätzli-ches mahlen, Gebäu-dekosten	Flächen-kosten, Silierzusatz,	Flächen-kosten, Silierzusatz, zusätzliche Auslastung

Auch gegenüber den bekannten Verfahren der Konservierung von Feuchtkörnerle-guminosen mit teuren Zusätzen gewinnt das Verfahren der Silierung bei höheren physiologischen Feuchten im Folienschlauch an Bedeutung, da kostengünstigere Zusätze eingesetzt werden können (THAYSEN, 2009).

Damit werden solche Anlagen nicht nur für Lohnunternehmer sondern auch für gro-ße Agrarbetriebe rentabel. Das wertvolle Futter wird meist direkt, fütterungsfertig neben dem Stall gelagert. Im UV stabilisierten Folienschlauch kann es bis zu 2 Jah-ren lagern, wenn es gegen jedwede Beschädigungen der Folie (z.B. durch Vögel, Schadnager) geschützt wird.

6. Praxisbeispiele: Getreide im Folienschlauch

Die Technologie der Getreidelagerung (Nahrungs- und Futtergetreide, sowohl trocken als auch feucht) im Folienschlauch wird weltweit seit Jahren schon intensiv praktiziert, so in Australien, Argentinien, den USA oder Russland. In Deutschland spielte das Verfahren bislang kaum eine Rolle. Getreidepreise waren Jahrzehnte meist stabil. Durch diese Planungssicherheit waren Silobauten klar zu kalkulieren. Intervention war ein Schlagwort, das fast jedes Risiko ausschloss, man könnte Getreide nicht oder aber nur mit großen Verlusten verkaufen. Seit wenigen Jahren ist vieles anders, weltweit kommt es innerhalb von wenigen Tagen zu Preissprüngen und Spekulationen, die es bisher nicht gab. Schnell kann der Preis um 20% sinken oder steigen, wie die die Erfahrungen zeigen.

Die vom freien Schweinemarkt bekannte Sinuskurve könnte auch für Getreide normal werden. Auf dieser Basis sind Investitionsentscheidungen in die Getreidelagerung neu zu beurteilen. Neu daran ist vielleicht, dass Landwirte, die bisher nicht lagern konnten, mehr an kurzfristigen Nachernte-Preissprüngen teilhaben wollen, ohne aber gleich größere Investitionen tätigen zu müssen.

6.1 Feuchtmals als Ganzkorn im Folienschlauch

Unter dem Namen ‚Wodka Sobieski‘ wird in Polen eine Vielzahl von verschiedenen Wodkaprodukten in einem kleinen Dorf zwischen Gniezno und Poznan produziert und europaweit verkauft. Die Produktion unterliegt höchsten Qualitätsstandards.

Seit 5 bis 6 Jahren werden, nach anfänglichen Tests, mittlerweile jährlich etwa 5.000 bis 6.000 t Feuchtmals als Ganzkorn und ohne jegliche Zusätze im Schlauch gelagert. Genutzt wird dazu eine Rotormaschine. Hauptgrund für die Entscheidung war eine enorme Kostenersparnis, denn ein Bau von Silos war nicht erforderlich. Vor allem aber die teure Trocknung des auf eigenen Flächen produzierten Körnermaises konnte eliminiert werden. Das bringt Einsparungen von mindestens 20 bis 25 € je Tonne, die Lagerung im Schlauch kostet gerade mal etwa 5 € je Tonne. Alle durchgeführten Tests und die nunmehr langjährige Praxis beweisen: Mit Feuchtmals gibt es weder geringere Ethanolausbeuten noch eine veränderte Alkoholqualität im Vergleich zu getrocknetem Mais. Seit 2009 wird auch von Brennereibesitzern in Bayern Feuchtmals als ganzes Korn im Schlauch eingelagert und nachfolgend verarbeitet.

2007 wurden in Polen erstmals 1.000 t trockener Roggen, Hauptrohstoff für die Alkoholproduktion, mit der gleichen Maschine im Schlauch gelagert. Die erweiterte Wodkaproduktion hätte den Neubau von Silos verlangt. Diesen konnte man jedoch vermeiden, in dem der Roggen ohne jegliche Probleme auch über längere Zeit unter völligem Luftabschluss im Schlauch gelagert wurde.

6.2 Weizen und Gerste als Ganzkorn im Folienschlauch

Auch auf verschiedenen Betrieben *in Sachsen* wurde in 2010 Getreide mit der Farm Bagger Technologie im Folienschlauch eingelagert:

- In der Erntesaison 2010 nahmen aufgrund der ungünstigen nassen Erntebedingungen Probleme mit Auswuchs deutlich zu. Nahrungsmittelqualitäten wurden gegen Ende kaum noch geerntet. Auf einer Agrargenossenschaft wurde Weizen mit Feuchte von 16-22 %, der ausgekeimt war, mit 4 l/t Kofa grain ph 5 versetzt und im Schlauch eingelagert. Die Ware wird im Winter als Futtergetreide vermarktet, eine Auslagerung aus dem Schlauch erfolgt mit der Spezial-Entnahmetechnik für Getreide (s. Kap. 3.5).
- Auf einem weiteren Betrieb in Sachsen wurde Weizen mit 15% Feuchte, der regulär ab Feld verkauft worden wäre, sechs Wochen im Schlauch gelagert, um bessere Preise zu erzielen. Die Entnahme erfolgte im Oktober mit einem eigenem Gebläse. Durch einen höheren Auszahlungspreis hat sich die Lagerung im Schlauch als rentabel erwiesen.
- Gerste (14 % Feuchte) sowie Weizen (13 % Feuchte) wurden auf einem Schweinehaltenden Betrieb in Sachsen jeweils als Futtergetreide im Schlauch eingelagert. Der Betrieb hatte in einer Lagerhalle Probleme mit Schädlingsbesatz. Die Entnahme erfolgt jeweils für zwei Wochen im Voraus, geschrotet wird mit einer mobilen Mahl- und Mischanlage.

6.3 Feuchtgetreide, Feuchtmals gemahlen im Folienschlauch

Im Vergleich zur Lagerung von Getreide-Ganzkorn wird in Deutschland die Lagerung von gemahlenem Feuchtgetreide im Folienschlauch weitaus häufiger praktiziert. Maschinenringe und Lohnunternehmer bieten die Technologie in verschiedenen Bundesländern an. Hintergrund ist jeweils die Verbesserung der Arbeitswirtschaft und betriebswirtschaftlichen Situation. Das Einlagern in Schläuche dauert nicht länger als das Einlagern in vorhandene Lagerräume. Bei selbst erstellten Lagern in Altgebäude wird oft sogar mehr Einlagerungszeit benötigt. Zudem braucht außer der befestigten Lagerfläche kein Lager in Gebäuden errichtet zu werden. Da die Zerkleinerung bei der Einlagerung vorgenommen wird, kann das Futter direkt ohne zusätzlichen Mahlvorgang entnommen und angemischt werden. Bei ausreichender Lagerkontrolle ist die Gesunderhaltung des Getreides gegeben, zusätzliches Reinigen und Trocknen entfallen.

7. Literaturverzeichnis

- BELLUS, Z., CSATAR, A.; MARTON, C. (2008): Farm Bagger Standard RB-B szezestermény-töltő be-rendezés. (Farm Excavator Standard RB-B loading equipment for grains) Mezőgazdasági Technika, Gödöllő, XLIX. évfolyam, 11. szám. 19-20 pp. (Landtechnik, Gödöllő, Ungarn, XLIX. Jahrgang, Nr. 11, pp. 19-20 (Ungarisch)).
- DGHM, Veröffentlichte Richt- und Warnwerte zur Beurteilung von Lebensmitteln. Empfehlungen der Fachgruppe Lebensmittel-Mikrobiologie und Lebensmittel-Hygiene der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie, Stand November 2007 (<http://www.lm-mibi.uni-bonn.de/DGHM.html#23>).
- GRUBE, J. (2009): Das Getreide ins eigene Lager. Profi 8/09, S. 92-95.
- JEROCH, H., G. FLACHOWSKY und F. WEIßBACH: Futtermittelkunde. Gustav Fischer Verlag Jena Stuttgart, 1993.
- KTBL (2007): Konservierung und Lagerung von Druschfrüchten. KTBL Datensammlung.
- MAIWALD, R. (2001): Erfassung, Konservierung und Lagerung von Getreide, Ölsaaten und Körnerleguminosen. ALB-Schrift Nr. 70 „Getreide und Ölsaaten fachgerecht lagern und gesund erhalten“.
- MATTHIESEN, M. (2008): Experimentelle Untersuchungen zur Feuchtgetreidekonservierung im Folienschlauch. Dissertation Universität Bonn, VD-MEG Schrift 468.
- MEIERING, RIEMANN; THYSELIUS (1965): „Kurzzeitlagerung von feuchtem Handelsgetreide unter Luftabschluss.“ Landtechnische Forschung Nr. 6.
- RUCH, V. (2009): Getreidelagerung: Hygiene – Technik - Kosten. Getreide- und Ölsaaten-Lagerung. Fachinformationen - Ökonomie - 02/09, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen.
- SPIEKERS, H., H.-J. NUSSBAUM, V. POTTHAST (2009): Erfolgreiche Milchviehfütterung. DLG-Verlag Frankfurt.
- STEINHÖFEL, O., U. WEBER, S. MEISE (2006): Dick allein genügt nicht. Folienqualität von Siloschläuchen. Neue Landwirtschaft 4/2006, S. 72-74.
- STEINHÖFEL, O., U. WEBER (2008): Feuchtkornmais im Schlauch rechnet sich. dlz 9/2006, S. 103-105.
- THAYSEN, J. (2009): Körnerleguminosen: Konservieren oder Silieren? Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen (UFOP) e. V.

- VDLUFA (Ed.): Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Bd. III, 3. Aufl., 7. Ergänzungslieferung, 2007, VDLUFA-Verlag-Darmstadt.
- VON KEISER, H. (1980): Luftdichte Lagerung von Getreide RKL-Schrift 4.3.1.1 S. 732-771.
- VON KEISER, H. (2005); Planung und Bau von Getreideanlagen. Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft, Rendsburg. S.1249 Tab.34
- VON KAISER, H. (1980): Luftdichte Lagerung von Getreide. RKL-Schrift 4.3.1.1, S. 731.
- WAGNER, A., CHR. IDLER (2009): Lagerung von Nahrungsgetreide in Folienschläuchen - eine sichere Alternative zur Lagerhalle! GETREIDE MAGAZIN 3/2009, S. 184-185.
- WAGNER, A., M. SCHOLTISSEK, H. AUERBACH, C. HERBES, F. WEISSBACH (2010): Biogas aus Rüben. dlz, 8/10, S. 90-93.
- WEBER, G. (2009): Untersuchungen zur Silierung von Biertrebern. Dissertation Humboldt Universität, Logos Verlag Berlin.
- WEBER, U. (2006) Untersuchungen zur Silierung von Zuckerrübenpressschnitzeln in Folienschläuchen. Dissertation Humboldt Universität, Logos Verlag Berlin.
- WEGENER, J., B. KIRCHHOFF, A. WAGNER (2010): Schnell aus der Pelle. dlz 4/2010, S. 92-94.
- WEIß, J., W. PABST, K. E. STRACK, S. GRANZ (2005): Tierproduktion, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.