



Verfahrenstechnische Beurteilung des Strangwickelverfahrens

Diplomarbeit

aus dem Fachgegenstand: Landtechnik und Bauen

Betreuer: DI Peter Schweiger

Außerschulischer Partner: DI Alfred Pöllinger

durchgeführt an der

**Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt
für Landwirtschaft
Raumberg – Gumpenstein
A – 8952 Irdning, Raumberg 38
www.raumberg-gumpenstein.at**

vorgelegt von

Lukas Huber und Andreas Klingler

Mai 2011

Vorwort

Als Erstes möchten wir uns recht herzlich bei all denen bedanken, die uns während der Ausführung unserer Diplomarbeit mit großem Engagement unterstützt haben.

Dies sind in erster Linie unser schulischer Betreuer, DI Peter SCHWEIGER sowie unser außerschulischer Partner DI Alfred PÖLLINGER, die uns stets mit ihrem fachlichen Wissen zur Seite gestanden sind.

Auch den Angestellten des LFZ Raumberg-Gumpenstein in der Abteilung Analytik gilt ein großer Dank für die Durchführung der Beprobung und der Auswertung.

Ein besonderer Dank gilt dem Lohnunternehmen PRAMMER für die Bereitstellung der Erntekette sowie den Landwirten Hannes REINDEL, Martin MIESENBERGER und Christian FRIESENECKER für die Bereitstellung der Versuchsflächen und der Versuchsballen.

Weiters möchten wir uns auch für die Unterstützung seitens des Fortschrittlichen Landwirts recht herzlich bedanken.

Ein besonderer Dank gilt auch unserer Korrekturleserin, Frau Brigitte Hämmerle.

Letztendlich möchten wir uns aber bei unseren Familien bedanken, die uns jederzeit zur Seite gestanden sind und uns diese Ausbildung erst ermöglicht haben.

Recht herzlichen Dank!

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
2	Literatur	6
2.1	Futterkonservierung in Österreich	6
2.1.1	Heugewinnung	6
2.1.1.1	Bodentrocknung.....	6
2.1.1.2	Heubelüftung.....	7
2.1.2	Grassilageerzeugung	8
2.2	Siliverfahren.....	8
2.2.1	Hochsilo	8
2.2.2	Tiefsilo	9
2.2.3	Flachsilo – Fahrsilo	9
2.2.4	Rundballensilage.....	10
2.2.5	Strangwickelverfahren.....	11
2.2.6	Vorteile und Nachteile der einzelnen Siliverfahren	11
3	Problemstellung	12
4	Material und Methoden	13
4.1	Versuchsbetriebe	13
4.1.1	Betrieb A	13
4.1.2	Betrieb B	15
4.1.3	Betrieb C.....	17
4.2	Funktionsweise der Strangwickeltechnik	19
4.2.1	Strangwickler in Betriebsposition.....	19
4.2.2	Folienwechsel	28
4.2.3	Verschließen des Stranges	30
4.2.4	Aufsatteln des Strangwicklers	32
4.3	Arbeitszeitmessungen	33
4.4	Massenbilanzen	33
4.4.1	Wiegen.....	34

4.4.2	Vermessen.....	35
4.5	Logistikaufwand	36
4.6	Technische Daten der eingesetzten Maschinen und Geräte	37
4.6.1	Strangwickelmaschine	37
4.6.2	Transport und Beschickung des Strangwicklers	37
4.6.3	Ballenpresse	39
4.6.4	Transport der Ballen.....	41
4.7	Folienverbrauch	42
4.8	Futterqualität	45
5	Ergebnisse und Diskussion	47
5.1	Hektarerträge	47
5.2	Arbeitszeitmessungen.....	48
5.3	Massenbilanzen	49
5.4	Logistikaufwand	50
5.5	Folienverbrauch	51
5.6	Futterqualität	52
5.6.1	Gärung.....	54
5.6.2	Inhaltsstoffe.....	52
5.7	Erfahrungen	56
5.7.1	Strangwickler	56
5.7.2	Ballenpresse	56
5.7.3	Einsatzmöglichkeit des Strangwicklers.....	58
6	Zusammenfassung - Abstract	59
6.1	Abstract.....	60
7	Quellenverzeichnis.....	61
8	Abbildungsverzeichnis	62
9	Anhang.....	65

1 Einleitung

Es werden verschiedene Formen der Futterkonservierung unterschieden. Für jeden Betrieb gibt es eine geeignete Lösung, aufgrund der Betriebsgröße, Flächenstruktur und maschinellen Ausstattung.

Jedes Verfahren wirft einige Vorteile und auch Nachteile auf. Zum Beispiel liegen diese bei baulichen Anlagen bei einer Kapitalbindung von mindestens 20 Jahren. Der Betrieb muss außerdem über eine schlagkräftige maschinelle Ausstattung verfügen oder einem Lohnunternehmer den Auftrag übergeben.

Für den Versuch „Strangwickelverfahren“ war das Ziel, eine ideale Futterkonservierung für mittlere Betriebe zu finden. Es sollte keine Bindung von Kapital erfolgen, weil die Zukunft schwer vorhersehbar ist. Die Folienkosten pro Ballen sollten gegenüber dem Einzelballen deutlich gesenkt werden, und für den Landwirt sollte kein zu großer Maschineneinsatz entstehen.

2 Literatur

2.1 Futterkonservierung in Österreich

„Zweck der Konservierung ist es, für die Winterperiode die Futtergrundlage so zu schaffen, dass das Futter möglichst verlustfrei, sowohl in Hinsicht auf die Werbungsart (Feldverluste), als auch im Hinblick auf die Konservierungsverluste, erzeugt wird.

Zeitgemäße Futterkonservierung bedeutet daher Grundfutterqualitäten herzustellen, welche möglichst einen hohen Nährwert sowie beste Verdaulichkeit verbunden mit optimaler Konservierung aufweisen. Um diese Forderungen zu erfüllen, bedarf es eines sorgfältigen Umganges mit dem wirtschaftseigenen Futter, in Zusammenhang mit dem Wissen um die Konservierung und dem Beherrschen der einzelnen Konservierungstechniken, wobei dem Kostenbewusstsein genügend Raum gegeben werden muss.“ (WILHELM, 2004, 5)

2.1.1 Heugewinnung

2.1.1.1 Bodentrocknung

„Diese Art der Heuwerbung unterliegt völlig dem Wetterrisiko. Die Wahrscheinlichkeit, besonders beim ersten Schnitt 4-5 Tage schönes Wetter zu haben, ist äußerst gering. Daraus resultiert, dass dieses Futter ein bis mehrmals verregnet werden kann und bis zu 50% und darüber hinaus an Nährwert verliert. Voraussetzung für eine rasche Bodentrocknung ist das sofortige Zetten. Gezettetes Gut trocknet doppelt so schnell wie Geschwadetes (*Bild 1*).“ (WILHELM, 2004, 120)



Bild 1: Bodentrocknung

2.1.1.2 Heubelüftung

„Diese Methode beruht darauf, das Heu auf ca. 60 bis 70% Trockensubstanz anzuwelken und gerade den letzten kritischen Trocknungsvorgang unter Dach durchzuführen. Der Vorteil liegt in der besseren Heuqualität und der Möglichkeit der Mechanisierung. Als Nachteil muss die Kostenseite angeführt werden (*Bild 2*).“ (WILHELM, 2004, 123)



Bild 2: Heubelüftung

2.1.2 Grassilageerzeugung

Die Vorteile der Silage liegen in den geringen Nährstoffverlusten, ein früheres Räumen des Feldes und den geringen Bröckelverlusten. Gegenüber der Heugewinnung ist bei der Grassilage eine relative Wetterunabhängigkeit gegeben. Ein weiterer Vorteil ergibt sich daraus, weil eine starke Mechanisierungsmöglichkeit bei der Erzeugung und der Entnahme besteht. (vgl. WILHELM, 2004,7)

Die Herstellung von guter Silage ist von mehreren Faktoren abhängig, dazu zählen: richtiger Erntezeitpunkt, sauberes Futter, richtiger Anwelkgrad, beste Verdichtung und fachgerechte Abdeckung. (vgl. WILHELM, 2004, 7)

Nach dem Einsilieren und Abdecken des Futters kommt es im Silofutterstock zu verschiedenen Vergärungen, die einerseits erwünscht, aber andererseits auch unerwünscht sein können. Die einzige positive Gärung ist die Milchsäuregärung, weil diese eine optimale Vergärung des Futters gewährleistet. Durch die rasche pH-Wert-Senkung ist nach ca. 3 Wochen eine stabile Silage erreicht. (vgl. WILHELM, 2004, 7f)

2.2 Silierverfahren

2.2.1 Hochsilo

Dies ist die älteste Form von Silagebehältern, wird auch heute noch in verschiedensten Bereichen eingesetzt, wird jedoch von moderneren Silierverfahren vielfach ersetzt. Der Hochsilo ist bestens für kleinere Betriebe in Berglagen mit geringer Schlagkraft geeignet, weil er nur einen geringen Platzbedarf hat und ein mehrmaliges Öffnen und Weiterbefüllen möglich ist. Ein klarer Nachteil sind die hohen Errichtungskosten, die teure Mechanisierung für die Beschickung und Entnahme, erhöhte Unfallgefahr durch Gärgas sowie auch die Futterwahl bei verschiedenen Schnitten im Hochsilo (*Bild 3*). (vgl. WILHELM, 2004, 70f)



Bild 3: Hochsilo

2.2.2 Tiefsilo

Der Silo reicht bis zur Erdoberfläche, dadurch ist eine einfache Beschickung von oben möglich, daher wird eine hohe Flächenleistung gewährleistet. Der Gärverlauf im Tiefsilo verläuft sehr gut, und es gibt kaum Temperaturschwankungen. Für den Bau eines Tiefsilos ist ein grundwasser- und felsenfreies Gelände notwendig. Die Baukosten sind sehr hoch, und die Entnahme kann nur mechanisch erfolgen. (vgl. WILHELM, 2004, 79)

2.2.3 Flachsilo – Fahrsilo

Sie können verschiedene Formen und Größen aufweisen. Der klassische Fahrsilo zeichnet sich durch eine relativ geringe Breite und hohe Seitenwände aus, welche meistens eine geringe Neigung nach außen aufweisen. Die Beschickung erfolgt durch Durchfahren des Fahrsilos. Der große Vorteil des Fahrsilos liegt in den geringen Errichtungskosten gegenüber einem Hochsilo und fördert eine hohe Schlagkraft am Betrieb (*Bild 4*). (vgl. WILHELM, 2004, 80)



Bild 4: Fahrsilo

2.2.4 Rundballensilage

Die Erzeugung von Gras- und Feldfuttersilagen in Rundballen hat in den letzten Jahren verhältnismäßig stark zugenommen. Die Erzeugung von Rundballen besteht aus dem Pressen der Ballen und dem darauffolgenden Wickeln. Die Ballengröße schwankt zwischen 0,8 bis 1,8m³. Durch das Wickeln wird der Ballen mit mindestens 4 Lagen verschlossen und dadurch eine optimale Gärung garantiert. Der Vorteil dieser Technik liegt darin, dass keine bauliche Anlage erforderlich ist (*Bild 5*). (vgl. WILHELM, 2004, 97f)



Bild 5: Rundballensilage

2.2.5 Strangwickelverfahren

Für das Strangwickelverfahren werden Rundballen verwendet. Der Einzelballen wird mit vielen anderen in einen langen Schlauch gewickelt. Diese Technik erspart ca. 50% der Folienkosten, da die Stirnseiten der Ballen nicht gewickelt werden (*Bild 6*).



Bild 6: Strangwickelverfahren

2.2.6 Vorteile und Nachteile der einzelnen Silierverfahren

Tabelle 1: Vorteile und Nachteile der einzelnen Silierverfahren

	Hochsilo	Tiefsilo	Fahrsilo	Rundballen	Strangwickler
Kosten/Futtereinheit	+	++	+++	---	--
Flexibilität	++	++	--	+++	-
Handelbarkeit	---	---	---	+++	-
Platzbedarf	+++	+++	--	++	+
Futterqualität	+++	+++	+++	+++	+++
Benötigte Futterfläche	++	+	--	+++	++
Arbeitsaufwand	+++	+++	-	++	+
Entnahme	---	---	--	+++	+++
Folienkosten (Entsorgung)	+++	+++	++	---	-

3 Problemstellung

Im Zuge der Diplomarbeit wurde eine verfahrenstechnische Beurteilung des Strangwickelverfahrens, welches für die Konservierung von Anwelksilage verwendet wird, durchgeführt. Es handelt sich dabei um eine detaillierte technische Beschreibung der Elho Tube 2020 ACI. Weiters wurden exakte Zeitmessungen und eine Erhebung der Futterqualität mittels Weender- und Gärsäureanalyse durchgeführt. Diese Futtermittelanalyse wurde auch mit herkömmlichen Rundballen durchgeführt, um einen genauen Vergleich zum Strangwickelverfahren liefern zu können. So sind mit dieser Arbeit PRO und CONTRA des Strangwickelverfahrens ermittelt worden. Es sollte somit interessierten Landwirten einiges an Information und Auskunft darüber gegeben werden, ob eine mögliche Anwendung des Strangwickelverfahrens für unterschiedliche Betriebsformen sinnvoll erscheint.

4 Material und Methoden

Drei Betriebe im Raum Freistadt (Mühlviertel) wurden als Untersuchungsbetriebe für den Versuch „Strangwickelverfahren“ ausgesucht. Die Strangwickelmaschine wird vom Lohnunternehmer, Reinhard Prammer, Lamm 1, 4212 Neumarkt, in diesem Gebiet zur Grünlandernte eingesetzt. Die Betriebe setzen aus folgenden Gründen auf das Strangwickelverfahren:

1. Keine bauliche Festlegung
2. Kostenersparnis gegenüber Einzelballen
3. Geeignete Flächen
4. Kleinere Mindestentnahme als beim Fahrsilo

4.1 Versuchsbetriebe

4.1.1 Betrieb A

Reindel Hannes vlg. Stiegler

Unterzeiss 17

4212 Neumarkt

Der Betrieb Reindel hat eine Gesamtfläche von 43,5 ha, welche sich aus 10,5 ha Ackerland, 22,5 ha Grünland und 10,5 ha Forst zusammensetzt. Von der Gesamtfläche befinden sich 33,5 ha im Eigenbesitz und 10 ha sind Pachtflächen.

Der Viehbestand basiert auf Fleckvieh und setzt sich aus 29 Stück Milchkühen und 26 Stück Jungvieh zusammen.

Für die Grünlandernte verfügt der Betrieb über folgende maschinelle Ausstattung:

Maschinenbezeichnung	Arbeitsbreite
Pöttinger Alpha Motion Frontmäherwerk	3,00 m
Pöttinger Nova Cat Heckmäherwerk	2,15 m

Pöttinger HIT Zettkreisel	4,80 m
Pöttinger TOP Schwadkreisel	3,40 m

Flächenstruktur der 3 größten Schläge:

Größe	Feld-Hofentfernung
7,5 ha	50 m
3,5 ha	500 m
6,5 ha	1 km

Versuchsfläche:



Bild 7: Versuchsfläche „Hinterfeld“

Die Versuchsfläche umfasst eine Größe von 3,5 ha und ist 500 m vom Hof entfernt. Es handelt sich um ein Dauergrünland, welches 4-mal pro Jahr genützt wird.

4.1.2 Betrieb B

Frießenecker Christian

Oberzeiss 16

4212 Neumarkt

Der Betrieb Frießenecker hat eine Gesamtfläche von 75 ha, welche sich aus 25 ha Ackerland, 25 ha Grünland und 25 ha Forst zusammensetzt. Von der Gesamtfläche befinden sich 40 ha im Eigenbesitz und 35 ha sind Pachtflächen.

Der Viehbestand setzt sich aus 30 Stück Fleckvieh-Mutterkühen und 22 Zuchtsauen zusammen.

Für die Grünlandernte verfügt der Betrieb über folgende maschinelle Ausstattung:

Maschinenbezeichnung	Arbeitsbreite
Pöttinger Nova Cut Frontmäherwerk	3,06 m
Korne Easy Cut Heckmäherwerk	2,43 m
Pöttinger HIT Zettkreisel	4,8 m
Claas Liner 430S Schwadkreisel	4,3 m

Flächenstruktur der 4 größten Schläge:

Größe	Feld-Hofentfernung
7 ha	1 km
3,5 ha	0-2 km
3,5 ha	0-2 km
3,5 ha	0-2 km

Versuchsfläche:



Bild 8: Versuchsfläche „Wagenhüttenacker“

Die Versuchsfläche umfasst eine Gesamtfläche von 6 ha. Der Futterbestand setzt sich aus Rotklee mit Roggendurchwuchs zusammen. Der 1. Schnitt wird als Feldfutter verwendet, der 2. wird gedroschen. Die Entfernung zum Hof beträgt 1 km.

4.1.3 Betrieb C

Miesenberger Martin

Trosselsdorf 9

4212 Neumarkt

Der Betrieb Miesenberger hat eine Gesamtfläche von 33,5 ha, welche sich aus 15,5 ha Ackerland, 11 ha Grünland und 7 ha Forst zusammensetzt. Von der Gesamtfläche befinden sich 25,5 ha im Eigenbesitz und 8 ha sind Pachtflächen.

Der Viehbestand setzt sich aus 25 Stück Fleckviehkalbinnen zusammen.

Für die Grünlandernte verfügt der Betrieb über folgende maschinelle Ausstattung:

Maschinenbezeichnung	Arbeitsbreite
Pöttinger Nova Cat Heckmähwerk	3,5 m
Pöttinger HIT Zettkreisel	5,4 m
Pöttinger Top Schwadkreisel	3,4 m

Flächenstruktur der 3 größten Schläge:

Größe	Feld-Hofentfernung
4,5 ha	400-500 m
3 ha	400-500 m
1,5 ha	1 km

Versuchsfläche:



Bild 9: Versuchsfläche „Grucker“

Die Versuchsfläche umfasst eine Gesamtfläche von 1,6 ha. Der Futterbestand ist eine Luzerne-Rotkleegrasmischung und wird 3-mal pro Jahr genutzt. Die Entfernung zum Hof beträgt 400 m.

4.2 Funktionsweise der Strangwickeltechnik

4.2.1 Strangwickler in Betriebsposition

Der Transport des Strangwicklers erfolgt mit einem Traktor. In der Transportstellung sind die hinteren Gleitrollen hochgeklappt. Die Maschine ist mit dem Traktor über die Unterlenker verbunden, dadurch kann die Vorderachse beim Transport ausgehoben werden (*Bild 10*).



Bild 10: Strangwickler in Transportstellung

Der Strangwickler wird meistens parallel zum Feldrand ausgerichtet, um einen möglichst geringen Platzverlust durch den Strang zu haben. Die Maschine wird vom Traktor abgesattelt (*Bild 11*). Das eigene Antriebsaggregat betreibt eine Hydraulikpumpe, welche alle erforderlichen Ölmotoren und Hydraulikstempel mit dem nötigen Öldruck und der nötigen Ölmenge versorgt (*Bild 12*). Die hinteren Gleitrollen werden in Arbeitsstellung abgesenkt (*Bild 13*).



Bild 11: Absatteln des Strangwicklers



Bild 12: Dieselmotor mit Hydraulikpumpe



Bild 13: Hydraulisches Absenken der Gleitrollen

Die betriebsbereite Maschine wird von vorne mit einem bereits gewickelten Rundballen beschickt, dem sogenannten „Stoppel“. Durch diesen Arbeitsschritt wird der Anfang des Stranges luftdicht verschlossen (*Bild 14*).



Bild 14: Beschickung des Strangwicklers mit dem „Stoppel“

Nach dem Befestigen der Folie an diesem Rundballen wird dieser vom Strangwickler mehrmals umwickelt um einen luftdichten Übergang zum zweiten Ballen zu gewährleisten (*Bild 15*).



Bild 15: Befestigen der Folie am ersten Ballen

Der erste Ballen muss am Abrutschen vom Strangwickler gehindert werden, weil der nötige Gegendruck noch fehlt. Dies geschieht meist durch eine Schubstange, welche von einem Traktor auf der Ballengabel gehalten wird (*Bild 16*). Durch das Andrücken wird der nötige Druck zwischen erstem und nächstem Ballen erzeugt, um Lufteinschlüsse zu minimieren (*Bild 17*). Durch diesen vom Traktor erzeugten Widerstand schiebt sich die Maschine durch den Vorschub der Wickeleinheit in die Ausrichtung des Stranges. Lenkbare Vorderräder ermöglichen eine Richtungskorrektur (*Bild 18*).



Bild 16: Gegendruck am ersten Ballen



Bild 17: Anpressen des Ballens



Bild 18: Richtungskorrektur durch lenkbare Vorderräder

Die Fernbedienung dient zur Lenkung der Vorderräder und zum manuellen Start des Wickelvorgangs. Dadurch kann Arbeitszeit eingespart werden, weil der Fahrer der Beschickungsmaschine (Traktor, Teleskoplader) sein Fahrzeug nicht verlassen muss (*Bild 19*).



Bild 19: Fernbedienung

Nach ca. 4-5 Ballen ist der Gegendruck des am Boden aufliegenden Stranges groß genug, dass der Traktor mit der Schubstange entfernt werden kann (Bild 20). Der Anpressdruck zwischen den Ballen kann durch mechanisches Einbremsen der Vorderräder erhöht werden (Bild 21).



Bild 20: Strang ohne Schubstange



Bild 21: Bremshebel

Der Vorschub wird durch Anpressen des Druckschalters mit dem zu wickelnden Ballen ausgelöst (*Bild 22*). Durch die Vorwärtsbewegung des Ballens auf der Maschine werden die Gleitrollen in Bewegung versetzt. Durch das Drehen der Gleitrolle, welche mit der Gebescheibe des Magnetschalters verbunden ist, wird der automatische Wickelvorgang gestartet und gestoppt (*Bild 23*). Ein Wickelvorgang reicht von der Ballenmitte bis zur Mitte des nächsten Ballens. Der Übergang zwischen den Ballen, welcher besonders vor Frischluft geschützt werden muss, wird öfters gewickelt. Dies geschieht über eine Voreinstellung des Magnetschalters, welcher den Vorschub für kurze Zeit stoppt, jedoch nicht die Wickeleinheit.

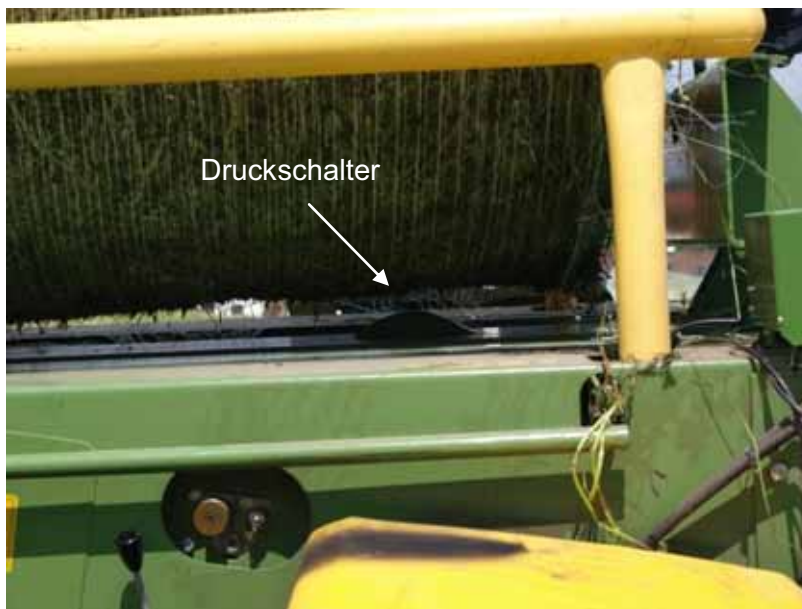


Bild 22: Druckschalter



Bild 23: Magnetschalter

Die Wickeleinheit besteht aus einem Metallbogen, welcher zwei Folienrollen führt. Der Metallbogen wird von einem Ölmotor angetrieben und durch vier Führungsrollen stabilisiert (*Bild 24*). Um eine nahtlose Umwicklung der Ballen zu gewährleisten, liegt der Ballen lediglich auf zwei Gleitstäben auf, welche bei weiterem Vorschub aus der Folie gezogen werden (*Bild 25*).



Bild 24: Wickeleinheit



Bild 25: Gleitstäbe

4.2.2 Folienwechsel

Um die Halterung der Folienrolle öffnen zu können, muss eine Mutter, die zur Fixierung dient, abgeschraubt werden. Danach kann die leere Rolle problemlos entnommen werden (*Bild 26*).



Bild 26: Leere Folienhalterung

Die neue Folienrolle wird aufgeschoben und mit der Mutter wieder fixiert (*Bild 27*).
Anschließend wird die Folie in die Stretchvorrichtung eingeführt (*Bild 28*).



Bild 27: Aufschieben der neuen Folienrolle



Bild 28: Einführen der Folie in die Stretchvorrichtung

Die neue Folie wird per Hand unter der Folie am Strang befestigt und der Wickelvorgang manuell gestartet (*Bild 29*).



Bild 29: Start des Wickelvorganges nach dem Folienwechsel

4.2.3 Verschließen des Stranges

Am Ende des Stranges wird ein gewickelter Rundballen als Abschluss verwendet. Dabei ist darauf zu achten, dass der Ballen stirnseitig nicht beschädigt ist, um den Strang luftdicht zu halten (*Bild 30*).



Bild 30: Verschließen des Stranges

Am Ende des Wickelvorganges wird der Strangwickler über eine Schubstange, welche an der Vorschubeinrichtung befestigt ist, vom Strang entfernt. Der Strangwickler drückt sich soweit vom Strang weg, bis der Traktor ihn herausziehen kann (*Bild 31* und *Bild 32*).



Bild 31: Befestigen der Schubstange an der Vorschubeinrichtung



Bild 32: Wegschieben des Strangwicklers

4.2.4 Aufsatteln des Strangwicklers

Der Strangwickler wird über die Unterlenker aufgesattelt und aus dem Strang gezogen (*Bild 33*). Die hinteren Gleitrollen werden hydraulisch hochgeklappt, und die Maschine ist transportfähig (*Bild 34*).



Bild 33: Aufsatteln des Strangwicklers



Bild 34: Hochklappen der Gleitrollen

4.3 Arbeitszeitmessungen

Die Arbeitszeitmessungen beim Strangwickler umfassten die Bereiche:

1. Ankunft des Strangwicklers am Feld bis zu der Betriebsbereitschaft
2. Betriebsbereit bis erster Ballen auf der Maschine
3. Wickelzeit für 10 Ballen
4. Folienwechsel
5. Abschluss des Stranges bis Transportbereitschaft des Strangwicklers

Die Zeitmessungen wurden mit einer Handstoppuhr durchgeführt und sorgfältig protokolliert.

4.4 Massenbilanzen

Auf jedem der drei Betriebe wurden fünf durchschnittliche Rundballen gewogen und vermessen, diese wurden als Versuchsballen verwendet. Drei davon wurden in den Strang gegeben und zwei wurden als Einzelballen gewickelt. Für das Aufzeichnen dieser Daten wurde ein Protokoll angefertigt (Bild 35)

Betrieb A		
Reindel Hannes		
Massenbilanzen:		
1. Rundballen		
Durchmesser: _____	Breite: _____	Gewicht: _____
2. Rundballen		
Durchmesser: _____	Breite: _____	Gewicht: _____

Bild 35: Protokoll Massenbilanzen

4.4.1 Wiegen

Das Wiegen erfolgte mit einer selbst gebauten Konstruktion, welche am oberen Ende an einer digitalen Waage befestigt war. Die Wiegeeinheit wurde von einem Frontlader (*Bild 36*), oder mit dem Hoftrac angehoben (*Bild 37*).



Bild 36: Wiegen mit dem Frontlader



Bild 37: Wiegen mit dem Hoftrac

4.4.2 Vermessen

Das Vermessen erfolgte mit einem Rollmeter. Es wurde die Breite der Ballen gemessen, welche von der Presskammer immer fix vorgegeben war (*Bild 38*). Der Durchmesser wurde an drei Stellen gemessen, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten (*Bild 39*).



Bild 38: Messen der Breite

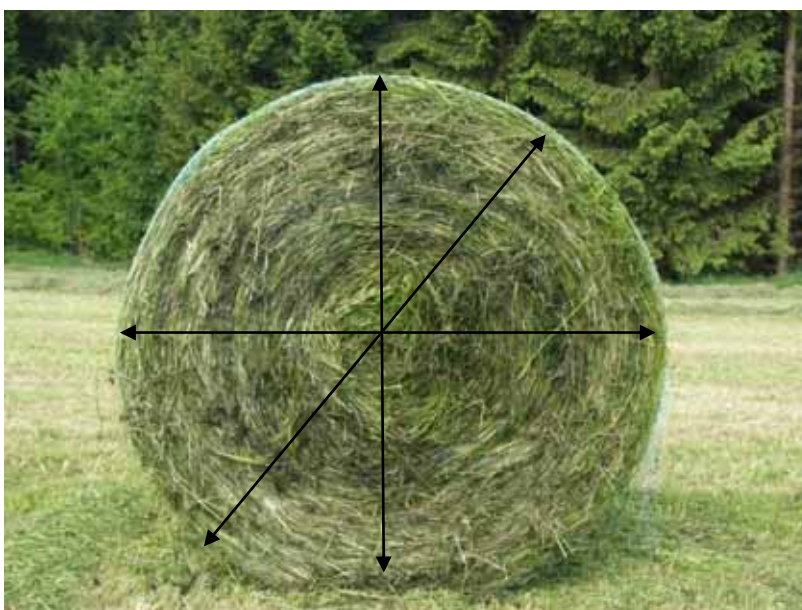


Bild 39: Messen des Durchmessers

4.5 Logistikaufwand

Im Bereich Logistik wurden alle Maßnahmen, die für den Transport des Ballens vom Ablagepunkt der Presse bis hin zum Strang notwendig waren, festgehalten.

Der Transport wurde meist per Traktor mit selbst gebauten Ballenspießen, welche 2-3 Ballen transportieren konnten, oder andernfalls mit dem Hoftrac durchgeführt (*Bild 40* und *Bild 41*).



Bild 40: Ballentransport mit dem Traktor



Bild 41: Ballentransport mit dem Hoftrac

Für den reibungslosen Wickelablauf wurden von uns die Entfernungen zwischen Ballenablagepunkt und Strangwickler ermittelt. Es wurden außerdem die Fahrtzeiten gemessen, woraus sich die nötige Transportleistung ergab, damit ein Stillstehen der Maschine vermieden wurde.

4.6 Technische Daten der eingesetzten Maschinen und Geräte

4.6.1 Strangwickelmaschine

Elho Tube 2020 ACI

Tabelle 2: Strangwickler (OY EL-HO AB, s.a.)

Motorleistung	11 kW/15 PS
Gesamtlänge	Transport 6,0 m
Gesamtlänge	Arbeitsposition 6,8 m
Höhe	3.000 mm
Gewicht	2.000 kg
Reifendimension	14.0/65-16
Ballengröße	1,2 - 1,6 m
Anzahl Folienhalter	2 x 750mm
Bedienung	Infrarot, automatisch, mit Fernbedienung
Motorenalternative	Benzin- oder Dieselmotor

4.6.2 Transport und Beschickung des Strangwicklers

Fendt Farmer 309 Ci

Tabelle 3: Fendt Farmer 309 Ci (FENDT, s.a)

Motorleistung	82 kW/ 112 PS
Gänge vorwärts/rückwärts	21/6
Leergewicht	4.220 kg

Quicke Q55 Frontlader

Tabelle 4: Quicke Q55 Frontlader (QUICKE, s.a.)

Ladergewicht	621 kg
Hubhöhe	3.75 m unter dem Werkzeug
Hubkraft bei 190 bar	2.000 kg im Schwingendrehpunkt bei max. Hubhöhe



Bild 42: Fendt Farmer 309 Ci mit Quicke Q55 Frontlader

Liebherr TL 445-10 Teleskoplader

Tabelle 5: Teleskoplader (LIEBHERR, s.a.)

Motorleistung	84 kW/114 PS
Max. Hubhöhe	9.800 mm

Max. Traglast	4.500 kg
Max. Reichweite	5.700 mm
Einsatzgewicht	9.600 kg



Bild 43: Liebherr TL 445-10 Teleskoplader

4.6.3 Ballenpresse

(Angaben Lohnunternehmen Prammer)

Betrieb A – Reindel Hannes

John Deere 864 Ballenpresse

Messer	14
Pressdruck	160 bar
Fahrgeschwindigkeit	5 – 8 km/h
Bauart	variable Riemenpresse
Antriebsmaschine	Fendt Vario 716 (160 PS)

Betrieb B – Friesenecker Christian

Siehe Betrieb A

Betrieb C – Miesenberger Martin

John Deere 582 Ballenpresse

Messer	14
Pressdruck	160 – 180 bar
Fahrgeschwindigkeit	5 – 8 km/h
Bauart	variable Riemenpresse
Antriebsmaschine	Case MX 135 (140PS)

4.6.4 Transport der Ballen

Für den Feldtransport der Rundballen von der Abladestelle aus der Rundballenpresse bis zum Wickelplatz wurden folgende Transportfahrzeuge und –geräte eingesetzt:

Tabelle 6: Eingesetzte Maschinen für den Ballentransport (FELS, J. s.a.)

	Betrieb A		Betrieb B			Betrieb C	
Typenbezeichnung	Lindner Geo 83	Fendt 309 Vario	Fendt 412 Vario	Fendt 209 Vario	New Holland TN 55D	Fendt 207 Vario	Weidemann 1355 CX45
Transportvorrichtung	Ballengabel vorne und hinten	Ballengabel vorne und hinten	Doppelballengabel vorne und hinten	Doppelgabel hinten	Ballengabel hinten	Ballengabel vorne und hinten	Krokodilgebiss
Leistung (kW/PS)	60/82	70/95	94/128	67/90	37/50	51/70	32/43
Geschwindigkeit (km/h)	40	40	50	40	40	40	20
Leergewicht (kg)	3.340	4.130	5.240	3.870	-	3.750	2.560
Länge (mm)	3.790	4.150	4.190	4.068	-	4.068	3.389
Breite (mm)	1.980	2.165	2.450	2.170	-	1.970	1.300
Höhe (mm)	2.450	2.740	2.880	2.530	-	2.480	2.381

4.7 Folienverbrauch

Auf jedem der drei Betriebe wurde der Folienverbrauch von uns gemessen. Es wurden die Anzahl der Lagen, Kilogramm Folie pro Ballen, Ballen pro Folie, Gewicht der Folienrolle und welche Folie geeignet ist, erfasst. Für all diese Werte wurde ein Protokoll angefertigt (*Bild 44*).



Das Bild zeigt ein Protokollformular für den Folienverbrauch. Es besteht aus einem rechteckigen Rahmen, der folgende Felder enthält:

- Folienverbrauch:** (Überschrift)
- Anzahl der Lagen: _____
- Kg Folie/ Ballen: _____
- Ballen/ Folienrolle: _____
- Gewicht der Folienrolle: _____
- Folienart: _____
- Welche Folie ist geeignet: _____
- Sonstiges:

Bild 44: Protokoll Folienverbrauch

Für das Erfassen der Anzahl der Lagen wurden die Folienstücke, welche beim Ausstechen der Futterproben entstanden, gesammelt und anschließend in die einzelnen Lagen geteilt und gezählt (*Bild 45*).



Bild 45: Anzahl der Lagen

Für die Anzahl der Ballen pro Folienrolle wurde darauf geachtet, dass immer mit zwei neuen Folienrollen begonnen wurde. Wenn diese zwei Folienrollen verbraucht waren, wurde von uns die Anzahl der gewickelten Ballen notiert, woraus wir uns die Anzahl der Ballen pro Folienrolle errechnen konnten.

Das Gewicht wurde durch Wiegen einer neuen Folienrolle erfasst. Das Gewicht des Plastikkerns wurde abgezogen, um das Foliennettogewicht zu erhalten. Aus diesem Ergebnis ließ sich das Foliengewicht pro Ballen errechnen.

Verwendete Folie

Es wurde eine handelsübliche Folie der Marke Ulith verwendet. Die Folie ist für das gewöhnliche Wickelverfahren, wie auch für das Strangwickelverfahren geeignet. Der Hersteller garantiert einen Schutz für 12 Monate bei 25 µm Folienstärke (*Bild 46*).



Bild 46: Folienart

4.8 Futterqualität

Zur Bestimmung der Futterqualität wurden auf den drei Untersuchungsbetrieben zu Beginn der Winterfütterungsperiode von den Silagen in den Strängen Proben gezogen. Die Futterqualität wurde mittels Gärsäure- und Weenderanalyse bestimmt.

Es wurde beim Strang jeweils vom ersten, dritten und fünften Ballen eine Probe gezogen (*Bild 47*). Die Probenziehung erfolgte mittels Probenbohrer. Der erste Ballen im Strang war schon einige Tage vor der Probenziehung geöffnet, damit mögliche Unterschiede zum dritten und fünften Ballen in der Futterqualität zu erkennen waren.



Bild 47: Probennahme am Strang

Es wurde auch jeweils eine Probe von den zwei Einzelversuchsballen genommen, um eventuelle Unterschiede zwischen den Einzelballen und den Strangballen festzustellen (*Bild 48*).



Bild 48: Probenahme Einzelballen

5 Ergebnisse und Diskussion

5.1 Hektarerträge

Die Erträge auf den Versuchsflächen wurden durch das durchschnittliche Ballengewicht mal Anzahl der Ballen mal Trockenmasse errechnet. Daraus ergaben sich folgende Werte:

Tabelle 7: Hektarerträge

	Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C
Durchschnittsgewicht/Ballen in kg	1.121	854	1.006
Durchschnittliche TM in %	33	43	29
Ballengewicht TM in kg	365	368	289
Durchschnittliche TM/ m ³ in kg	185	197	168
Ballenanzahl in Stück	120	137	36
Gesamt TM in kg	43.854	50.426	10.394
Versuchsflächengröße in ha	15	12	4
TM/ha in kg	2.924	4.202	2.598

5.2 Arbeitszeitmessungen

In den Arbeitszeitmessungen wurden alle relevanten Arbeitsschritte des Strangwicklers erfasst:

5. Von der Ankunft des Strangwicklers am Feld bis zu der Betriebsbereitschaft
6. Betriebsbereit bis erster Ballen auf der Maschine
7. Wickelzeit für 10 Ballen
8. Folienwechsel
9. Abschluss des Stranges bis Transportbereitschaft des Strangwicklers

Tabelle 8: Arbeitszeitmessung Strangwickler (Angaben in Minuten)

	Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C	Durchschnitt
1.	5	4	5	4,6
2.	6	4	2	4
3.	14 und 11	-*	8 und 10	10,75
4.	6 und 10	14 und 18	Kein Folienwechsel	12**
5.	_***	8	10	9

* Die Einstellung der Maschine war fehlerhaft, keine automatische Wicklung, daher kein aussagekräftiges Messergebnis.

** Längere Folienwechselzeiten aufgrund ständigen Einreißen des Folienanfangs.

*** Der Strang wurde zu einem späteren Zeitpunkt abgeschlossen.

5.3 Massenbilanzen

Auf jedem der drei Betriebe wurden Gewicht, Durchmesser und Breite von 5 Rundballen erfasst, diese wurden als Versuchsballen gekennzeichnet und die Trockenmasse bestimmt.

Drei Versuchsballen wurden als zweiter, dritter und fünfter Strangballen verwendet, und die anderen zwei wurden als Einzelballen gewickelt.

Tabelle 9: Gewicht und Trockenmasse der Versuchsballen (Angaben in kg)

	Strangballen			Einzelballen		Durchschnitt	
	2.	3.	5.	1.	2.	Gewicht	TM in %
Betrieb A	1.126	1.120	1.124	1.130	1.107	1.121	32,6
Betrieb B	768	881	931	755	932	853	43,1
Betrieb C	991	965	960	1039	1043	1000	28,7

Tabelle 10: Durchmesser, Breite und Kubatur der Versuchsballen (Angaben in cm)

		Strangballen			Einzelballen		Durchschnitt	
		2.	3.	5.	1.	2.	Durchmesser	Kubatur in m ³
Durchmesser in cm	Betrieb A	145	143	145	147	144	144,8	2,0
	Betrieb B	139	140	139	144	142	140,8	1,9
	Betrieb C	135	132	137	134	137	135,1	1,7

5.4 Logistikaufwand

Aus den aufgezeichneten Werten konnte errechnet werden, wie viele Traktoren für einen Arbeitsablauf „just in time“ nötig sind. Es handelt sich hierbei nur um theoretische Werte, weil jeder der drei Betriebe vor Ankunft des Strangwicklers mit dem Ballentransport begonnen hat.

Tabelle 11: Transportleistung

	Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C
Durchschnittliche Fahrtzeit (min)	3,00	6,00	3,50
Eingesetzte Traktoren (Stück)	2,00	3,00	2,00
Ballenanzahl/ Fahrt (alle Transportfahrzeuge zusammen)	4,00	6,00	3,00
Ballenanzahl/ Traktor (Stück)	2,00	2,00	1,50
Transportleistung/ Minute (Anzahl Ballen)	1,33	1,00	0,86
Benötigte Ballen/ Minute	0,93	0,93	0,93
Differenz	0,40	0,07	-0,07

Auf den Betrieben A und B ist die Transportleistung ausreichend, um ein Stillstehen der Maschine zu vermeiden. Auf dem Betrieb C ist die Schlagkraft der Mechanisierung zu gering.

5.5 Folienverbrauch

Anzahl der Folienlagen pro Ballen

Die ausgestochenen Folienstücke wurden in die einzelnen Lagen zerlegt und gezählt.

Tabelle 12: Folienlagen pro Ballen

		Betrieb A	Betrieb C	Durchschnitt
Strangballen	1.	5	6	4,66
	2.	4	5	
	3.	5	5	
	4.	5	3	
	5.	k.A.	4	
Einzelballen	1.	5	4	4,5
	2.	5	4	

Tabelle 13: Foliengewicht pro Ballen

	Ballen/Folienrollen in Stück	Foliengewicht/ Rolle in kg	Foliengewicht/ Ballen in kg
Betrieb A	34	25,4	0,75
Betrieb B	31	25,4	0,82
Durchschnitt	32,5	25,4	0,78

Das Durchschnittsfoliengewicht eines Strangballens liegt bei 0,78 kg, das eines Einzelballens liegt laut Angabe des Lohnunternehmers Prammer bei 1,28 kg. Daraus ergibt sich eine Differenz von 0,5 kg Folie pro Ballen, das entspricht einer Foliensparnis von 38,8%.

Aufgrund der Foliensparnis gibt der Lohnunternehmer einen Preisvorteil in der Höhe von 1,5 € pro Strangballen an den Landwirt weiter.

5.6 Futterqualität

5.6.1 Inhaltsstoffe

Tabelle 16: Weenderanalyse (Angaben in g/kg Trockenmasse)

Parameter	Mean	Betrieb			Art	
		A	B	C	Strang	Ballen
Trockenmasse	340	257	446	318	337	344
Rohfaser	342	353	347	326	345	339
Rohprotein	149	146	133	167	146	151
Rohasche	110	104	101	124	108	111
Rohfett	31,4	36,8	23,9	33,6	31,4	31,5
MJ NEL	4,92	4,87	4,88	5,00	4,89	4,94

Tabelle 17: Weenderanalyse Wechselwirkungen (Angaben in g/kg Trockenmasse)

Parameter	Wechselwirkungen					
	Betrieb A		Betrieb B		Betrieb C	
	Strang	Ballen	Strang	Ballen	Strang	Ballen
Trockenmasse	263	250	434	458	313	324
Rohfaser	346	360	344	351	344	307
Rohprotein	145	147	135	130	159	176
Rohasche	103	104	102	101	120	128
Rohfett	37,4	36,3	23,6	24,2	33,2	34,0
MJ NEL	4,95	4,79	4,91	4,85	4,82	5,18

5.6.1.1 Interpretation der Inhaltsstoffe

Rohfaser

Die Rohfaser sollte bei einer optimalen Silagequalität zwischen 230 – 260 g/kg Trockenmasse liegen (vgl. RESCH, 2006, 4). Die erhöhten Rohfasergehälter auf den Versuchsbetrieben lassen auf eine verspätete Ernte rückschließen. Bei den Betrieben A und C wurden unterschiedliche Rohfasergehälter zwischen den Silierverfahren festgestellt.

Trockenmasse

Der Trockenmassegehalt sollte bei einer optimalen Silagequalität bei ca. 35% liegen (vgl. RESCH, 2006, 4). Der gewichtete Mittelwert liegt bei 34%, aber nur Betrieb C hat einen annähernd passenden Wert von 31,8%. Betrieb A ist mit 25,7% deutlich zu nass und Betrieb B mit 44,6% zu trocken, um Qualitätssilage herzustellen.

Rohprotein

Der Rohproteingehalt sollte bei einer optimalen Silagequalität bei ca. 158 g/kg Trockenmasse liegen (vgl. RESCH, 2006, 4). Der niedrigere Proteingehalt bei den Betrieben ist die Auswirkung des hohen Rohfasergehalts. Der höhere Rohproteingehalt im Einzelballen auf Betrieb C, resultiert aus dem niedrigeren Rohfasergehalt des Futters.

Energiegehalt

Der Energiegehalt sollte bei einer optimalen Silagequalität bei ca. 6 MJ NEL liegen (vgl. RESCH, 2006, 4). Die eher niedrigen Werte sind das Resultat des relativ späten Nutzungszeitpunktes.

5.6.2 Gärung

Tabelle 14: Gärsäureanalyse (Angaben in g/kg Trockenmasse)

Parameter	Mean	Betrieb			Art	
		A	B	C	Strang	Ballen
Milchsäure	14,3	13,8	23,4	5,77	9,27	19,3
Propionsäure	3,16	4,20	2,01	3,27	3,14	3,18
Essigsäure	7,52	6,31	7,25	9,00	7,19	7,85
Ethanol	12,0	16,2	7,53	12,4	12,1	12,0
Buttersäure	34,6	48,4	12,5	42,8	35,5	33,7
pH-Wert	5,16	4,99	5,19	5,30	5,26	5,06

Tabelle 15: Gärsäure Wechselwirkungen (Angaben in g/kg Trockenmasse)

Parameter	Wechselwirkungen					
	Betrieb A		Betrieb B		Betrieb C	
	Strang	Ballen	Strang	Ballen	Strang	Ballen
Milchsäure	3,94	23,6	23,0	23,7	0,86	10,7
Propionsäure	2,87	5,53	2,51	1,52	4,05	2,49
Essigsäure	4,20	8,43	7,70	6,79	9,66	8,34
Ethanol	15,9	16,5	6,40	8,67	13,8	11,0
Buttersäure	47,7	49,1	13,5	11,6	45,8	40,4
pH-Wert	5,10	4,89	5,20	5,18	5,48	5,12

5.6.2.1 Interpretation der Gärsäuren

pH- Wert

Der pH- Wert sollte bei einer optimalen Silagequalität bei ca. 4,5 liegen (vgl. BAUERNJOURNAL, s.a.). Der hohe pH- Wert > 5 ist auf eine mangelhafte Gärsäurebildung zurückzuführen.

Buttersäure

Der hohe Buttersäuregehalt ist auf eine aerobe Gärung zurückzuführen. Durch die Buttersäure werden unter anderem Zucker, Milchsäure und Eiweiß abgebaut. Durch das Fehlen der Milchsäure steigt wiederum der pH- Wert an.

Milchsäure

Der Milchsäuregehalt der Silagen unterscheidet sich zwischen den Betrieben hochsignifikant. Die Analyse der Silierart zeigt bei der Wechselwirkung kein klares Bild.

5.7 Erfahrungen

5.7.1 Strangwickler

Die Bedienung des Strangwicklers kann ausschließlich durch eine geschulte Person erfolgen, welche sie mit dem Traktor oder Teleskoplader beschickt und die Wickelvorgänge überwacht.

Bei den Versuchen auf den Betrieben gab es immer wieder Schwierigkeiten bei der Bedienung der Maschine. Der Fahrer hatte Probleme bei der Einstellung des Strangwicklers, welche eine teilweise nicht ausreichende Wicklung des Stranges ergab (*Bild 49*).



Bild 49: Nicht ausreichende Wicklung

5.7.2 Ballenpresse

Am Betrieb A – Reindel Hannes wurde eine neue John Deere Ballenpresse eingesetzt, bei dieser hatte der Fahrer noch keine Erfahrungen. Dadurch ergaben sich viele verschiedene Ballengrößen, die zu vielen „Kanten“ und Lufteinschlüssen

im Strang führten. Diese Lufteinschlüsse führten wiederum nicht zu der erwünschten Milchsäuregärung sondern zu der Buttersäuregärung (*Bild 50*).



Bild 50: Lufteinschlüsse

Die Netzbindung der neuen Presse funktionierte auch noch nicht richtig. Es verklebte sich immer wieder, dadurch entstanden Ballen mit zu wenig Netz. Das fehlende Netz konnte daher ein „Aufgehen“ der gepressten Ballen nicht verhindern. Die Beschickungsmaschine hatte Probleme bei der Aufnahme der Ballen und der Ablage auf den Strangwickler (*Bild 51*).



Bild 51: Zerrissener Rundballen

5.7.3 Einsatzmöglichkeit des Strangwicklers

Der Strangwickler eignet sich für mittlere Betriebe in der Größe von 30- 100 Ballen pro Schnitt. Es ist erst ab 30 Ballen sinnvoll, die Strangwickeltechnik einzusetzen, weil die Rüstzeiten am Feld relativ hoch sind. Für größere Betriebe ab 100 Ballen pro Schnitt, eignen sich trotz des geringeren Folienverbrauchs Fahrsilos bzw. Tiefsilos besser.

Der Strangwickler benötigt im Gegensatz zum Fahrsilo eine geringere tägliche Entnahme, welche wiederum den mittleren Betrieben zugutekommt. Das Verfahren ist bestens geeignet für Betriebe, die sich nicht baulich festlegen möchten aber auch keine Silage in Form von Rundballen verkaufen möchten, weil die Flexibilität durch den Strang verloren geht.

6 Zusammenfassung - Abstract

Auf drei Betrieben im Raum Freistadt (Mühlviertel) wurde eine verfahrenstechnische Analyse des Strangwickelverfahrens an der Maschine Ehlo Tube 2020 ACI durchgeführt. In den Arbeitszeitmessungen wurden Nettoarbeitszeiten und Rüstzeiten festgehalten, daraus ergab sich eine Wickelzeit von 1:05 Minuten pro Ballen. Bei den Massenbilanzen wurden das Gewicht und die Größe von jeweils drei Strangballen und zwei Einzelballen ermittelt. Durch die Kombination der Nettoarbeitszeiten und Logistik konnte eine optimale Erntekette „just in time“ errechnet werden. Weiteres wurden die technischen Daten der eingesetzten Maschinen in der Erntekette ermittelt. Der Folienverbrauch wurde anhand des Foliengewichts pro Ballen ermittelt, und es ergab sich eine Folienersparnis von 38,8 Prozent gegenüber der herkömmlichen Einzelballenmethode. Bei der Futterqualität konnte kein definierbarer Unterschied in der Gärsäureanalyse festgestellt werden, bei der Weenderanalyse konnte ein signifikanter Unterschied bei der Rohfaser und MJ NEL festgestellt werden, bei den weiteren Qualitätsparametern konnte auch hier kein definierbarer Unterschied festgestellt werden.

Somit ist dies ein Ernteverfahren, das bei einer geeigneten Betriebsgröße von 30-100 Ballen pro Schnitt sinnvoll eingesetzt werden kann, ansonsten ist bei kleineren Betrieben die Einzelballenmethode im Vorteil und bei größeren Betrieben der Fahrsilo.

6.1 Abstract

On three farms in the area Freistadt (Mühlviertel) a procedural analysis of the strand winding process on the machine EHLO Tube 2020 ACI was performed. During the working time measurement, the net working hours and set-up times were recorded, resulting in a changing time of 1:05 minutes per bale. For the mass balances, the weight and size of three strand balls and two single bales were determined. By combining the net working hours and logistics an optimal harvest chain in "just in time" could be calculated. Furthermore the technical data of the machines used in the harvest chain were calculated. The plastics consumption was calculated based on the plastics' weight per bale, and there was a saving of 38.8 percent compared to the conventional single bale method.

Analysis of the food quality showed no definable difference in the amount of fermentative acid, the so-called "Weender analysis" showed a significant difference in the fiber and MJ NEL; no definable difference could be found in any further quality parameters.

Thus, it can be said that the strand winding process is a suitable method when used on a farm harvesting about 30 to 100 bales per cut; apart from that it is more reasonable to use the single ball method for smaller companies and the so called silage bunker" for larger companies.

7 Quellenverzeichnis

BAUERNJOURNAL, (s.a.): Qualitätsparameter für Grassilagen

<http://www.landnet.at/article/articlefew/55560/1/4996> (10.05.2011)

FENDT, (s.a.): Farmer 307 Ci 308 Ci 309 Ci,

http://www.aca-group.at/files/products/300Ci_D_02-05.pdf (05.04.2011)

FELS, J. (s.a.): Testberichte über Schlepper,

<http://www.schlepper-testberichte.de/index.php> (05.04.2011)

LIEBHERR, (s.a.): Teleskoplader TL 455-10,

http://www.liebherr.com/CH/de-DE/region-%28europe%29/products_ch.wfw/id-8261-0/measure-metric (05.04.2011)

PRAMMER, R. (2010): Mündliche Mitteilung vom 06.06.2010

RESCH, R. (2006) : Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum

QUICKE, (s.a.): Frontlader,

<http://www2.quicke.nu/de/Seiten/Frontlader.ept?tab=2297> (05.04.2011)

OY EL-HO AB, (s.a.): ELHO Tube 2020,

<http://www.elho.fi/WebRoot/1000211/ProductPage.aspx?id=1000276&MainCategory=2&SubCategory=26> (05.04.2011)

WILHELM, H. (2004): Futterkonservierung. Graz-Stuttgart: Leopold Stocker Verlag

8 Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Bodentrocknung	7
Bild 2: Heubelüftung	7
Bild 3: Hochsilo	9
Bild 4: Fahrsilo	10
Bild 5: Rundballensilage	10
Bild 6: Strangwickelverfahren	11
Bild 7: Versuchsfläche „Hinterfeld“	14
Bild 8: Versuchsfläche „Wagenhüttenacker“	16
Bild 9: Versuchsfläche „Grucker“	18
Bild 10: Strangwickler in Transportstellung	19
Bild 11: Absatteln des Strangwicklers	20
Bild 12: Dieselmotor mit Hydraulikpumpe	20
Bild 13: Hydraulisches Absenken der Gleitrollen	21
Bild 14: Beschickung des Strangwicklers mit dem „Stoppel“	21
Bild 15: Befestigen der Folie am ersten Ballen	22
Bild 16: Gegendruck am ersten Ballen	23
Bild 17: Anpressen des Ballens	23
Bild 18: Richtungskorrektur durch lenkbare Vorderräder	24
Bild 19: Fernbedienung	24
Bild 20: Strang ohne Schubstange	25
Bild 21: Bremshebel	25
Bild 22: Druckschalter	26
Bild 23: Magnetschalter	27
Bild 24: Wickeleinheit	27

Bild 25: Gleitstäbe	28
Bild 26: Leere Folienhalterung.....	28
Bild 27: Aufschieben der neuen Folienrolle	29
Bild 28: Einführen der Folie in die Stretchvorrichtung	29
Bild 29: Start des Wickelvorganges nach dem Folienwechsel	30
Bild 30: Verschließen des Stranges.....	30
Bild 31: Befestigen der Schubstange an der Vorschubeinrichtung.....	31
Bild 32: Wegschieben des Strangwicklers	31
Bild 33: Aufsatteln des Strangwicklers.....	32
Bild 34: Hochklappen der Gleitrollen	32
Bild 35: Protokoll Massenbilanzen.....	33
Bild 36: Wiegen mit dem Frontlader	34
Bild 37: Wiegen mit dem Hoftrac	34
Bild 38: Messen der Breite	35
Bild 39: Messen des Durchmessers	35
Bild 40: Ballentransport mit dem Traktor.....	36
Bild 41: Ballentransport mit dem Hoftrac	36
Bild 42: Fendt Farmer 309 Ci mit Quicke Q55 Frontlader	38
Bild 43: Liebherr TL 445-10 Teleskoplader.....	39
Bild 44: Protokoll Folienverbrauch.....	42
Bild 45: Anzahl der Lagen	43
Bild 46: Folienart	44
Bild 47: Probennahme am Strang.....	45
Bild 48: Probenahme Einzelballen.....	46
Bild 49: Nicht ausreichende Wicklung.....	56
Bild 50: Lufteinschlüsse.....	57
Bild 51: Zerrissener Rundballen	57

Tabelle 1: Vorteile und Nachteile der einzelnen Silierverfahren	11
Tabelle 2: Strangwickler (OY EL-HO AB, s.a.).....	37
Tabelle 3: Fendt Farmer 309 Ci (FENDT, s.a)	37
Tabelle 4: Quicke Q55 Frontlader (QUICKE, s.a.)	38
Tabelle 5: Teleskoplader (LIEBHERR, s.a.).....	38
Tabelle 6: Eingesetzte Maschinen für den Ballentransport (FELS, J. s.a.).....	41
Tabelle 7: Hektarerträge	47
Tabelle 8: Arbeitszeitmessung Strangwickler (Angaben in Minuten).....	48
Tabelle 9: Gewicht und Trockenmasse der Versuchsballen (Angaben in kg).....	49
Tabelle 10: Durchmesser, Breite und Kubatur der Versuchsballen (Angaben in cm)	49
Tabelle 11: Transportleistung	50
Tabelle 12: Folienlagen pro Ballen	51
Tabelle 13: Foliengewicht pro Ballen	51
Tabelle 16: Weenderanalyse (Angaben in g/kg Trockenmasse).....	52
Tabelle 17: Weenderanalyse Wechselwirkungen (Angaben in g/kg Trockenmasse).....	52
Tabelle 14: Gär säureanalyse (Angaben in g/kg Trockenmasse).....	54
Tabelle 15: Gär säure Wechselwirkungen (Angaben in g/kg Trockenmasse)	54
Tabelle 18: Auswertung der Gärungsparameter	65
Tabelle 19: Auswertung der Inhaltsstoffe.....	65
Tabelle 20: Auswertung der Gärungsparameter 2	66
Tabelle 21: Auswertung der Inhaltsstoffe 2.....	66

9 Anhang

Tabelle 18: Auswertung der Gärungsparameter

Parameter	Wechselwirkungen												R ²				
	Betrieb			Art			Betrieb A			Betrieb B				Betrieb C			P - Value
	A	B	C	Strang	Ballen	Strang	Strang	Ballen	Strang	Ballen	Strang	Ballen		Betrieb	Art	Betrieb*Art	
Milchsäure	14,3	13,8	23,4	5,77	9,27	19,3	3,94	23,6	23,0	23,7	0,86	10,7	0,039	0,059	0,30	8,82	67,5%
Propionsäure	3,16	4,20	2,01	3,27	3,14	3,18	2,87	5,53	2,51	1,52	4,05	2,49	0,089	0,95	0,076	1,34	56,9%
Essigsäure	7,52	6,31	7,25	9,00	7,19	7,85	4,20	8,43	7,70	6,79	9,66	8,34	0,25	0,60	0,18	2,33	51,0%
Ethanol	12,0	16,2	7,53	12,4	12,1	12,0	15,9	16,5	6,40	8,67	13,8	11,0	0,0002	0,99	0,17	1,94	86,4%
Buttersäure	34,6	48,4	12,5	42,8	35,5	33,7	47,7	49,1	13,5	11,6	45,8	40,4	0,00	0,59	0,73	6,06	91,9%
pH-Wert	5,16	4,99	5,19	5,30	5,26	5,06	5,10	4,89	5,20	5,18	5,48	5,12	0,17	0,14	0,55	0,23	49,7%

Tabelle 19: Auswertung der Inhaltsstoffe

Parameter	Wechselwirkungen												R ²				
	Betrieb			Art			Betrieb A			Betrieb B				Betrieb C			P - Value
	A	B	C	Strang	Ballen	Strang	Strang	Ballen	Strang	Ballen	Strang	Ballen		Betrieb	Art	Betrieb*Art	
Trockenmasse	340	257	446	318	337	344	263	250	434	458	313	324	0,001	0,80	0,87	53,7	77,8%
Rohfaser	342	353	347	326	345	339	346	360	344	351	344	307	0,03	0,44	0,03	13,4	67,0%
Rohprotein	149	146	133	167	146	151	145	147	135	130	159	176	0,02	0,54	0,52	14,7	61,5%
Rohasche	110	104	101	124	108	111	103	104	102	101	120	128	0,01	0,56	0,73	9,48	65,0%
Rohfett	31,4	36,8	23,9	33,6	31,4	31,5	37,4	36,3	23,6	24,2	33,2	34,0	0,00	0,93	0,76	2,14	91,8%
MJ NEL	4,92	4,87	4,88	5,00	4,89	4,94	4,95	4,79	4,91	4,85	4,82	5,18	0,33	0,56	0,03	0,14	55,3%

Tabelle 20: Auswertung der Gärungsparameter 2

Parameter	Mean	Betrieb				Strangballen				P - Value			
		A	B	C		1	3	5		Betrieb	Strangballen	Standard Error	R ²
Milchsäure	9,27	3,94	23,0	0,86		13,0	4,25	10,5		0,12	0,6	10,6	68,5%
Propionsäure	3,14	2,87	2,51	4,05		3,33	2,64	3,45		0,19	0,53	0,87	62,5%
Essigsäure	7,19	4,20	7,70	9,66		8,25	5,97	7,33		0,09	0,51	2,23	73,1%
Ethanol	12,1	16,0	6,39	13,8		12,2	12,6	11,3		0,02	0,82	2,52	85,9%
Buttersäure	35,5	47,7	13,5	45,3		39,2	33,7	33,5		0,002	0,39	5,08	95,6%
pH-Wert	5,26	5,10	5,20	5,48		5,35	5,26	5,17		0,24	0,68	0,24	55,3%

Tabelle 21: Auswertung der Inhaltsstoffe 2

Parameter	Mean	Betrieb				Strangballen				P - Value			
		A	B	C		1	3	5		Betrieb	Strangballen	Standard Error	R ²
Trockenmasse	337	263	434	313		300	374	335		0,03	0,27	47,3	85,9%
Rohfaser	345	346	344	344		347	338	350		0,95	0,33	8,89	43,4%
Rohprotein	146	145	135	159		156	140	143		0,23	0,43	13,9	62,0%
Rohasche	108	103	102	120		112	105	108		0,04	0,45	5,96	82,5%
Rohfett	31,4	37,4	23,6	33,2		32,3	31,6	30,3		0,005	0,65	2,47	92,6%
MJ NEL	4,89	4,95	4,92	4,82		4,85	5,00	4,84		0,17	0,09	0,07	78,6%