

Vergleich von Verfahrenskennwerten unterschiedlicher Silierketten

A. PÖLLINGER, E. ZENTNER und M. GREIMEL

1. Einleitung und Problemstellung

Die Futterernte im alpinen Grünland ist insbesondere beim ersten Schnitt mit wenigen und kurzen Erntegelegenheiten verbunden, bei denen gute Futterqualitäten zu erzielen sind. Sie stellt in der Regel auch die erste große Arbeitsspitze für den Grünlandbetrieb im laufenden Kalenderjahr dar.

In Österreich werden pro Jahr rund 6.8 Mio. Tonnen Trockenmasse an Grünfutter geerntet. Nach BUCHGRABER, 1998, werden davon 40 % als Grassilage, 32 % als Heu und 28 % in Form von Grünfutter geerntet. Aufgrund der im Frühjahr geringeren Anzahl an möglichen Erntegelegenheiten (FORMAYER, et.al. 2000; LUDER, 1982) wird der erste Schnitt überwiegend siliert, während der zweite Schnitt hauptsächlich als Grummet geerntet wird. Wenn kurze Schönwetterperioden nicht genutzt werden können, bedeutet dies meist einen verspäteten Mähtermin und damit verbunden einen Qualitätsverlust des Grundfutters beim ersten Schnitt von mehr als 1 MJ NEL pro kg Trockenmasse innerhalb von zwei Wochen (BUCHGRABER, et.al., 1998). Um das vorhandene Potential an hoher Grundfutterqualität auch nutzen zu können ist es erforderlich, die Futterernte großteils in den ersten kurzen Schönwetterperioden im Frühjahr zu erledigen.

Dazu sind Ernteverfahren notwendig, die eine hohe Schlagkraft bei gleichzeitig höchster Grundfutterqualität bieten können.

In der Praxis haben sich neben dem Rundballen-, die Fahrsiloernteverfahren mittels Kurzschnittladewagen durchgesetzt. In den futterbaustarken Gebieten vermehrt Verfahren mittels Feldhäcksler. Namhafte Firmen entwickelten dazu immer noch größere und leistungsfähigere

Ladewagen, die der Häckslerkette bezüglich Schlagkraft und Schnittlänge Konkurrenz machen sollten.

An der BAL Gumpenstein wurden diese leistungsfähigen Erntesysteme hinsichtlich ihrer Eignung für die Dauergrünlandgebiete Österreichs untersucht und ihre verfahrensspezifischen Kennzahlen erhoben. In Kooperation mit dem lokalen Maschinenring und Praxisbetrieben wurde eine Vergleichsuntersuchung hinsichtlich der Arbeitswirtschaft (Lade-, Transport-, Ernteleistung), der notwendigen Vormechanisierung (Mäh- und Schwadertechnik) und Folgemechanisierung (Verteil- und Walztechnik, Siloraumbedarf) und der Verfahrenskosten durchgeführt. Das Rundballenerntesystem wird in diesem Artikel aufgrund von Literaturwerten den untersuchten Erntesystemen gegenübergestellt.

2. Material und Methoden

Die Untersuchung wurde auf fünf Praxisbetrieben des steirischen Ennstales, auf ebenen bis mäßig geneigten (25 %) Dauergrünlandflächen, durchgeführt. In *Tabelle 4* sind die Größen der Ernteflächen der einzelnen Betriebe aufgelistet und den Ernteverfahren zugeordnet.

Maschinen und Geräte:

Die Mäharbeit wurde im überwiegenden Ausmaß mit einer Mähkombination, auf-

Für die Häckslerkette:

Tabelle 1: Feldhäcksler

Firma, Type	Claas Jaguar 860
Baujahr	1995
Motorleistung	320 kW /435 PS lt. technischem Datenblatt
Gesamtgewicht	10.200 kg
Halbmesseranzahl	24 (bei Grassilage nur mit 12 Messer)

Tabelle 2: Transportfahrzeuge der Häckslerkette

Firma/Type Traktor	Steyr 9094a	Fendt 512C Favorit	Same 90 turbo	Same 90 turbo
Motorleistung in kW	69	88	66	66
Fa./T. Häckselwagen	Ladeprofi	Europrofi 3	Titan 6/40L	Bergmann
Ladevolumen DIN m ³	24,4	29,2	25	17

gebaut auf einen Traktor mit 92 kW Motorleistung und einer Arbeitsbreite von 7,80 m durch zwei Heckmäherwerke und einem Frontmäherwerk durchgeführt. Die Randflächen wurden vom jeweiligen Betriebsführer gemäht.

Mit einem Kreiselheuer (Arbeitsbreite 6,6 m) und den betriebseigenen Geräten wurde die Zettarbeit erledigt. Die Schwadarbeit wurde mit einem Seitenschwader (Arbeitsbreite 5,80 m) und in Unterstützung von betriebseigenen Geräten durchgeführt. Mit dem Seitenschwader konnte somit eine Räumbreite von knapp 12 m erreicht werden.

Die für die Erntearbeiten zur Verfügung stehenden Maschinen sind in den *Tabellen 1 bis 3* angeführt

Für die Feldhäckslerkette wurden die auf den Betrieben vorhandenen Transportfahrzeuge (2 bis 4) je nach gegebener Feld-Hofentfernung eingesetzt (*Tabelle 2*).

Betriebsgrößen, Feld-Hofentfernungen und geerntete Flächen je Verfahren

Auf den fünf Betrieben im steirischen Ennstal wurden am 16. und 17. Mai 2000 insgesamt etwas mehr als 120 ha Grünland geerntet. Auf die einzelnen Erntesysteme teilen sich die Flächen wie in *Tabelle 4* dargestellt auf.

Die durchschnittliche Feld-Hofentfernung lag zwischen 0,6 und 1,1 km. Die

Autoren: Dipl.-Ing. Alfred PÖLLINGER, Eduard ZENTNER und Dr. Martin GREIMEL, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 IRDNING

Für die Ladewagenkette:

Tabelle 3: Ladewagen

Firma/Typ	Pöttinger Jumbo 6600	Pöttinger Europrofi 2D
Baujahr	2000	1999
Bruttoladevolumen / DIN m ³	66 / 40,3 m ³	45 / 27,3 m ³
Anzahl Messer	45	31
Messerabstand	34 mm	42 mm
Eigengewicht	7.950 kg	5.300 kg
Höchstzul. Gesamtgewicht	20.000 kg	11.000 kg
Zugfahrzeug	Fendt Favorit 724 Vario	Fendt Favorit 714 Vario
Motorleistung	176 kW /240 PS	103 kW /140 PS

Tabelle 4: Geerntete Flächen in ha getrennt nach Ernteverfahren und Betrieben

	Feldhäcksler	KS-LW 34 mm	KS-LW 42 mm	∅ Feldhofentfernung
Betrieb A	13,9			0,8 km
Betrieb B	22,8		19,5	0,8 km
Betrieb C	13,7	3		0,8 km
Betrieb D		25,5		1,1 km
Betrieb E	11,7	12,7		0,6 km
Summe	62,1	41,2	19,5	

KS-LW = Kurzschnitt-Ladewagen

am weitesten entfernte Fläche wurde am Betrieb D mit 4 km gemessen. Insgesamt handelt es sich um geringe Feld-Hofentfernungen, wobei die Flächen Streuflächencharakter hatten. Es wurde versucht zwischen den einzelnen Erntesystemen vergleichbare Bedingungen, wie die Wegstrecke, die Feldform und Erntemenge im Zusammenhang mit der Wegstrecke zu schaffen.

Arbeitszeitmessungen, Ernteleistung

Die Arbeitszeiten wurden in Handprotokollen mitgeschrieben. Sie gliedern sich für die einzelnen Verfahren in Hauptarbeitszeiten (Mähen, Zetten, Schwaden, Laden, Entladen, Verdichten) und Nebenzeiten (An- und Abfahrt), allerdings wurden keine Rüstzeiten erfasst. Für die Vorbereitungsarbeiten (Mähen, Zetten, Schwaden) wurden nur die Hauptarbeitszeiten schlagbezogen erfasst.

Stehzeiten wurden dann herausgerechnet, wenn sie nicht systembezogen waren. Die Transport-, Entlade- und Walzzeiten zum und am Silo wurden ebenfalls protokolliert.

Schwadgewichte

Auf allen Schlägen wurde die Schwadstärke gemessen und das Schwadgewicht bestimmt. Dazu wurden die Schwaden auf einer Länge von ca. 10 lfm gewogen, die Schwadhöhe, -breite und -länge genau gemessen, eine Probe zur Trockensubstanzbestimmung gezo-

gen und mit dem Ergebnis das Laufmetergewicht berechnet.

Siloraumdichte

Zur Bestimmung der Siloraumdichte wurden mittels Probebohrer (Länge: rund 120 cm; Durchmesser: 5 cm) fünf Bohrlöcher in der Form eines Fünferwürfels von der Anschnittfläche gebohrt und von jedem Bohrloch das Gewicht und die Entnahmetiefe gemessen. Von jedem Bohrkern wurde die Trockenmasse bestimmt. In einem weiteren Versuchsansatz wurde die Dichte in Hochsilos der BAL Gumpenstein bestimmt. Die Silos sind sechs Meter tief und 204 cm im Durchmesser. Die Füllmenge betrug 2087 kg TM (Ladewagen 90 mm), 2323 kg TM (KL-Ladewagen 34 mm) und 2223 kg TM (Feldhäcksler) bei einem TM-Gehalt der Silage von rund 35 %.

Schnittlängenbestimmung

Zur Bestimmung der Schnittlängen wurden von einer mit der jeweiligen Technik geernteten Dauerwiese Proben vom Ladefahrzeug mit rund 100 Liter Futter aus zwei Anwelkstufen (30 und 55 % TS) entnommen. Daraus wurden dann Proben für eine händische Aufteilung der einzelnen Futterpartikel gezogen. Die Futterstücke wurden dann getrennt nach den Größenklassen bis 20 mm; 21 – 40 mm; 41 – 60 mm; 61 – 80 mm; 81 – 120 mm; 121 – 160 mm und größer als 160 mm händisch oder mit einer Pinzette sortiert, ohne Verluste getrocknet und

gewichtsmäßig den einzelnen Fraktionen zugerechnet.

Schüttdichte auf den Transportfahrzeugen

Die Schüttdichte auf den Transportfahrzeugen wurde indirekt berechnet. Die Anzahl der Fuhren pro Variante und Silomiete und der Füllgrad der Häcksler- und Ladewagen wurde protokolliert und daraus die Transportkubikmeter pro Miete errechnet. Die Gesamterntemenge in kg TS pro Variante und Silomiete wurde durch die Gesamttransportmenge in Kubikmeter dividiert und ergab somit die kg TM/m³.

In einem weiteren Versuchsabschnitt wurde zum zweiten Schnitt ein KS-Ladewagen mit 29,2 DIN m³ dreimal mit einem Feldhäcksler befüllt und auf Achslastwaagen gewogen. Dreimal musste der gleiche Ladewagen selbst Futter laden und wurde ebenfalls verwogen. Von jeder Fuhre wurde die Trockenmasse des Futters bestimmt. In einem weiteren Ansatz wurden die mit einem an der BAL Gumpenstein vorhandenen Kurzschnittladewagen (Ladeprofi IV) geladenen Futtermengen für Silage bei bekanntem TS-Gehalt gewogen und davon ebenfalls der Gesamttrockenmassegehalt in kg bestimmt und durch das Nettoladevolumen dividiert.

Betriebswirtschaftliche Berechnungen

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht wurde eine Auswertung ab dem fertigen Schwad vorgenommen. Verglichen wurden die Häckslerkette mit dem Großraum-KS-Ladewagen mit 40,2 m³ und dem KS-Ladewagen mit 27,3 m³ Nettoladevolumen. Häufig wird argumentiert, dass die schlagkräftigeren Verfahren (Großraum-KS-Ladewagen, Selbstfahrschwader) auch eine schlagkräftigere Vormechanisierung (Mähwerk, Kreisler, Schwader) benötigen, die höhere Kosten verursacht. In dieser Auswertung wurden jedoch keine Kostendifferenzen, die bis zum fertigen Schwad angefallen sind, berücksichtigt. Des Weiteren wurden auch keine Futtermittelverluste erhoben. Die Feld – Hofentfernung wurde rechnerisch zwischen 0,5 km und 10,0 km variiert. Alle Ergebnisse werden auf 1 ha und eine Erntemenge von 3000 kg Trockensubstanz bezogen.

Berechnungsgrundlagen

Tabelle 5: Schüttgutdichte, Nettoladeraum und daraus ermittelte Anzahl der Fuhren je ha

	KS-LW 42 mm	KS-LW 34 mm	Feldhäcksler
Schüttgutdichte in kg TM/m ³	65	65	51
Nettoladeraum in m ³	27,3	40,3	27,3
Anzahl der Fuhren/ha	1,69	1,15	2,15

Tabelle 5 zeigt einige, für die Berechnung wichtige Parameter. Die Ladewagen haben durch die Stopfvorrichtung die Möglichkeit das Erntegut stärker zu verdichten als beim Häcksler. Der im Versuch festgestellte Unterschied in der Schüttraumdichte betrug 14 kg Trockenmasse pro m³ bzw. 22%. Die auf den Praxisbetrieben indirekt gemessenen Werte sind im Vergleich zu Literaturwerten relativ niedrig, sind in der Relation zueinander jedenfalls nachvollziehbar. In einer Messreihe an der BAL Gumpenstein mit dem betriebseigenen KS-Ladewagen konnte ein mittlerer Wert aus sieben Messungen von 87 kg TS/ m³ ermittelt werden. Als Abfuhrfahrzeuge beim Häcksler wurden Ladewagen mit dem selben Nettoladeraum wie ihn der Europrofi aufweist verwendet. Aus dem Nettoladeraum und der Schüttdichte errechnet sich bei einer Erntemenge von 3.000 kg Trockensubstanz je ha die Anzahl der notwendigen Abfahren.

In der betriebswirtschaftlichen Beurteilung wurden keine möglichen Unterschiede in der Futterqualität und somit in der Milchproduktivität berücksichtigt. Des weiteren wurden keine Differenzen bezüglich der Hangtauglichkeit der Verfahren und der Problematik der unterschiedlichen Bodendrücke beurteilt. Unterschiedliche Anforderungen an das Management, die Logistik und die Feldformen sind hier ebenfalls nicht bewertet worden.

Arbeitszeiten

Aus den im Versuch geführten Zeitprotokollen wurde für das jeweilige Verfahren eine Durchschnittszeit für das Befüllen und Entladen der Fahrzeuge ermittelt.

Die Feld – Hofentfernungen bei den Betrieben sind sehr uneinheitlich und nicht alle in der Praxis vorkommenden Entfernungen konnten abgedeckt werden. Daher wurde sowohl aus den vorhandenen Zeitaufzeichnungen als auch aus Literaturwerten (insbesondere für weitere Entfernungen) eine der jeweili-

gen Entfernung entsprechende Geschwindigkeit ermittelt (siehe Tabelle 6). In der Praxis handelt es sich bei den ersten 300 bis 400 m Abfahrt vom Feld häufig um einen Feldweg, auf dem ziemlich unabhängig von der Traktorstärke und der Ladewagengröße nur eine sehr geringe Geschwindigkeit gefahren werden kann. Die Messungen im Versuch haben für die Feld – Hofentfernungen bis 500 m daher für alle 3 Verfahren eine einheitliche Geschwindigkeit von 9,5 km/h ergeben. Wird die Entfernung vom Hof weiter, so wird der Anteil an befestigtem Weg, bzw. an asphaltierter Straße immer größer und damit die Durchschnittsgeschwindigkeit höher. Bei einer Feld – Hofentfernung bis 1,5 km ergaben die Zeitprotokolle eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 14,4 km/h für den Ladewagen mit 27,3 m³ und die Abfuhrfahrzeuge des Häckslers. Der Ladewagen mit 40,2 m³ benötigte einen leistungsfähigeren Traktor mit höherer Bauartgeschwindigkeit, der bei dieser Entfernung mit durchschnittlich 15,7 km/h unterwegs ist.

Über 1,5 km ist der Anteil der Feldwege an der Gesamtstrecke schon vernachlässigbar gering, daher gibt es in der erzielbaren Durchschnittsgeschwindigkeit keine großen Unterschiede mehr. Der KS-LW mit 27 DIN m³ und die Häckselwagen erreichen bei diesen Entfernungen 24,0 km/h, der größere KS-LW 27,7 km/h Durchschnittsgeschwindigkeit.

Die Walzarbeit ist methodisch ein schwieriges Thema. Beim Ladewagen-

verfahren gilt, dass je geringer die Entfernung zum Feld ist, desto weniger Zeit (Ladezeit plus Transportzeit) für die Walzarbeit zur Verfügung steht. Um dennoch eine ausreichende Silagequalität zu erzeugen, benötigt der Landwirt bei kurzen Feld – Hofentfernungen ein schweres Walzgerät. Das Walzgerät muss bei gleicher Entfernung umso besser sein, je mehr Ladegut pro Fuhre eingefahren wird. Je weiter die Entfernung zum Feld ist, desto länger werden die Abstände zwischen den einzelnen Fuhren und damit erhöht sich die für die Walzarbeit zur Verfügung stehende Zeit. Methodisch besteht nun die Möglichkeit immer das gleiche Walzgerät und eine einheitliche Walzzeit zu berechnen, oder die Walzzeit der tatsächlich zur Verfügung stehenden Zeit anzupassen und dementsprechend kleinere Walzgeräte zur Walzarbeit heranzuziehen. Da in der Praxis fast ausschließlich der zweite Fall zutrifft, wurde in dieser Berechnung das Walzgerät und die Walzzeit der Entfernung angepasst, das heißt, mit zunehmender Walzzeit wurden schwächere Walztraktoren eingesetzt (siehe Tabelle 6).

Funktioniert beim Häckselverfahren die Logistik (=genügend Häckselwagen), dann kommen, unabhängig von der Entfernung, die Häckselwagen immer in gleichen Zeitabständen zum Abladeplatz. Das Intervall zwischen den einzelnen Fuhren hängt nur von der Ladezeit ab. Da die Ladezeit und damit auch die für die Walzarbeit zur Verfügung stehende Zeit relativ kurz ist, benötigt dieses Verfahren sicherlich das beste zur Verfügung stehende Walzfahrzeug.

Mechanisierungskosten

Bei den Mechanisierungskosten wurden zwei Ansätze gewählt (Tabelle 7). Zuerst wurden die Preise laut den Vorschlägen des Österreichischen Kuratoriums

Tabelle 6: Transportgeschwindigkeiten und Walzgeräte

Feld – Hofentfernung in km	< 0,5	0,6 - 1,5	1,6 – 3,0	3,1 – 5,0	> 5,1
Transportgeschwindigkeit					
27 m ³ KS-LW + Häckselwagen	9,5 km/h	14,4 km/h		24,0 km/h	
40 m ³ KS-LW	9,5 km/h	15,7 km/h		27,7 km/h	
Walzgeräte (Traktor)					
27 m ³ KS-LW (L* + T**)	122 PS	102 PS	82 PS		68 PS
40 m ³ KS-LW (L + T)	Radlader	122 PS	102 PS	82 PS	68 PS
Häcksler (L)			Radlader 12 t		

Walzzeit Ladewagenverfahren = * Ladezeit und ** Transportzeit
Walzzeit Häckselverfahren = * Ladezeit

Tabelle 7: Maschinenkosten inkl. MwSt. in Euro je Stunde (ab- und aufgerundet)

	ÖKL Richtwerte	Praxiswerte
27 m ³ KS-LW + 100 kW Traktor + Mann	105,-	87,-
40 m ³ KS-LW + 180 kW Traktor + Mann	154,-	118,-
294 kW Häcksler + Mann	317,-	165,-
Häckselwagen + 75 kW Traktor + Mann		50,-
Walztraktoren (50/60/75/90 kW) + Mann	26,-/ 30,-/ 35,-/ 40,-	
Radlader + Mann		56,-

Tabelle 8: Ernteleistung, ohne Stehzeiten der einzelnen Erntegeräte (ha/h; Mittelwert, Min/Max)

	Feldhäcksler	KS-Ladewagen mit 40,2 m ³	KS-Ladewagen mit 27,3 m ³	Rundballenpressen (BRAUN, 1997)
Betrieb A	5,8 (4,7/8,3)			4,0 ¹⁾
Betrieb B	5,8 (4,8/7,1)		2,8 (2,3/3,5)	
Betrieb C	6,6 (3,8/8,9)			
Betrieb D		5,3 (4,3/6,1)		
Betrieb E	8,2 (7,2/9,3)	7,2 (6,8/7,7)		

¹⁾ Bei 3000 kg TM/ha

Tabelle 9: Theoretische Ladeleistung der einzelnen Erntegeräte in t TM/h, ohne Stehzeiten

	Feldhäcksler	KS-Ladewagen mit 40,2 m ³	KS-Ladewagen mit 27,3 m ³	Rundballenpresse (BRAUN, 1997)
Betrieb A	17,0			18
Betrieb B	14,3		7,6	
Betrieb C	15,0			
Betrieb D		9,1		
Betrieb E	10,8	10,7		

für Landtechnik (ÖKL Richtwerte) herangezogen. In diesem Ansatz wurden für die Traktoren, die Arbeitsleistung, die Ladewagen und den Häcksler entweder die ÖKL Richtwerte direkt verwendet oder, wie bei den Ladewagen die in dieser Größenordnung noch nicht in den Richtwerten aufscheinen, die Berechnung nach den Richtlinien des ÖKL vorgenommen. Da in der Praxis diese Werte von den Lohnunternehmern und Maschinenringern sehr oft unterschritten werden, wurden in einem zweiten Ansatz praxisnahe Verrechnungssätze, wie sie auch im vorliegenden Versuch gezahlt wurden, verrechnet.

3. Ergebnisse

Arbeitszeitmessungen, Ernteleistung

In der *Tabelle 8* sind die Ergebnisse der Arbeitszeitmessung in Bezug auf Ernteleistung aufgezeigt. Da die Stehzeiten oft nicht verfahrensbedingt anfielen, wurden sie für die Berechnung der Ernteleistung nicht berücksichtigt. Aus der Tabelle geht auch hervor, dass nur auf zwei Betrieben der Kurzschnitt-Ladewagen

(27,3 und 40,2 m³) mit der Feldhäckslerkette direkt verglichen wurde. Mit 5,8 ha pro Stunde ist die mittlere Ernteleistung der Feldhäckslerkette auf den Betrieben A und B sehr gut. Rechnet man die verfahrensbedingten Stehzeiten mit ein, reduziert sich die Ernteleistung auf nur 5,5 ha/h. Mittlere Spitzenwerte in der Ernteleistung wurden auf dem Betrieb E sowohl bei der Häckslerkette mit 8,2 ha/h erzielt, als auch mit dem KS-Ladewagen mit 40,2 m³ mit 7,2 ha/h. Auf diesem Betrieb lagen zum einen die Erntemengen knapp unterhalb von 1500 kg TM/ha, somit musste nur wenig Futter pro Flächeneinheit abtransportiert werden und zum anderen wurden beide Verfahren im Wettbewerb und nicht unter alltäglichen Praxiseinsatzbedingungen gefahren. Praxistaugliche Vergleichszahlen sind die Ernteleistungen von 5,8 ha/h bei der Häckslerkette, 5,3 ha/h für den KS-Ladewagen mit 40,2 m³ und 2,8 ha/h für den KS-Ladewagen mit 27,3 m³, allerdings ohne Stehzeiten. Für praxisübliche Stehzeiten sind zwischen 3 und 5 % von der Nettoarbeitszeit zu berücksichtigen. Die praktische Ernteleistung für Rundballenpressen liegt zwischen

jener, der beiden KS-Ladewagen, allerdings ohne Berücksichtigung des Feld-Hoftransportes.

In *Tabelle 9* sind die theoretischen Ladeleistungen in Tonnen Trockenmasse pro Stunde enthalten. Das sind also jene Ladeleistungen, die erreichbar wären, wenn man mit den Erntegeräten nur Laden würde, also jene Erntemenge, die über die Pick up durchgehend aufgenommen werden könnte. Bei der Feldhäckslerkette entspricht dieser Wert beinahe der tatsächlichen Netto-Ernteleistung. Bei den Ladewagensystemen ist jedenfalls die Transport- und Entladezeit abzuziehen.

Diese beachtlichen Leistungszahlen machen jedoch auch das Problem einer angepassten Walzarbeit sichtbar. Rund alle fünf Minuten stand ein Häckselwagen mit netto rund 25 bis 30 m³ vor dem Fahrsilo und alle 14 Minuten ein Kurzschnittladewagen mit 40,3 m³. Diese Erntemengen lassen sich in der Regel nur mit 12 bis 14 t schweren Radladern oder mit schmalbereiften und gut beschwerten Großtraktoren ordentlich verdichten. Im zitierten Versuch für die Rundballenpressen wurde praktisch eine Durchsatzleistung von rund 13 t TM/h erreicht.

Im Versuch wurden unterschiedliche Walzgeräte eingesetzt. In *Tabelle 10* sind die verwendeten Walzfahrzeuge mit den Gewichten aufgelistet.

Auf fast allen Betrieben wurde die Walzarbeit zum Problem, deshalb wurde auf den Betrieben A und B mit einem großen Radlader je Variante rund eine halbe Stunde nachgewalzt. Gravierendere Unterschiede zwischen den Walzgewichten für die Ernteverfahren konnten nur am Betrieb D festgehalten werden. Die Häckslermiete wurde mit zwei Fahrzeugen (8 und ca. 6 t) gewalzt, auf der Kurzschnitt-Ladewagenmiete (34 mm) nur mit einem 8 t schweren Traktor. Damit sind auch die geringeren Siloraumdichten am Betrieb D zu erklären (*Tabelle 11*).

Siloraumdichte

In *Tabelle 11* sind die Werte für die Dichte im Fahrsilo angeführt. Diese Werte entstammen der Beprobung der fertigen Silage, also nach dem Silierprozess. Die Dichtewerte aus den Hochsilos resultieren aus dem Eigendruck des Futters, gemessen wurde ca. vier Wochen nach der Befüllung.

Tabelle 10: Eingesetzte Walzfahrzeuge mit Gesamtgewicht

	Feldhäcksler		Kurzschnittladewagen	
Betrieb A	9.900 kg 22.000 kg	Steyr 9125a ¹⁾ Radlader ²⁾		
Betrieb B	9.900 kg 22.000 kg	Steyr 9125a ¹⁾ Radlader ²⁾	8.000 kg 22.000 kg	Fendt Vario 308 ³⁾ Radlader ²⁾
Betrieb C	9.900 kg	Steyr 9125a ¹⁾	8.000 kg	Same mit Seilwinde
Betrieb D			6.180 kg 5.900 kg	Steyr 8150a Steyr 9094a
Betrieb E	8.000 kg 5.960 kg	Radlader Teleskoplader	8.000 kg	Same mit Seilwinde

¹⁾ mit Walze, Siloverteiler und Frontlader; ²⁾ mit Holzlange ca. 30 Minuten lang; ³⁾ mit Glattwalze

Tabelle 11: Siloraumdichte (kg TS/m³) und Gewichte der Walzfahrzeuge (t)

	Feldhäcksler 17 mm kg TM/m ³		KS-LW 34 mm kg TM/m ³	KS-LW 42 mm kg TM/m ³	Ladewagen 90 mm kg TM/m ³
Betrieb A	193	10 ¹⁾			
Betrieb B	194	10 ¹⁾		177	8 ¹⁾
Betrieb C	212	10			
Betrieb D			210	12 ²⁾	
Betrieb E ⁴⁾	153	14 ²⁾	123	5	
Hochsilo 30 % TS	181	ED ³⁾	177	ED ³⁾	162 ED ³⁾

¹⁾ mit 22 t Radlader 30 Minuten nachgewalzt; ²⁾ zwei Walzfahrzeuge; ³⁾ ED = Eigendruck des Futters; ⁴⁾ Feldmieten, ohne Seitenwände siliert; KS-LW = Kurzschnittladewagen

Für einen direkten, objektiven Vergleich sind die Dichtewerte aus den Versuchshochsilos der BAL Gumpenstein interessanter. Trotz fehlender Fremdpressung sind die Werte sehr zufriedenstellend.

Die Werte schwanken zwischen 123 und 212 kg TM/m³. Das angestrebte Ziel von wenigstens 150 kg TM/m³ wurde nur in einem Fall nicht erreicht. Am Betrieb E wurden nur Feldmieten errichtet und das Futter in extrem kurzer Zeit eingebracht (siehe auch *Tabelle 11*). Sehr gute Verdichtungen des Futters wurden durch kurze Schnitt- und Häcksellängen erreicht. Der sehr hohe Dichtewert von 210 kg TM/m³ wurde bei der Variante Kurzschnittladewagen mit 34 mm theoretischer Schnittlänge erreicht. Das hohe Walzgewicht von 12 t, die relativ geringe Erntemenge pro Zeiteinheit aufgrund des Engpasses beim Schwaden und die feine Dosierung am Fahrsilo mittels Dosierwalzen sind erklärbare Ursachen für diesen hohen Wert.

Objektiv vergleichbar sind die Ergebnisse aus den Hochsilos der BAL Gumpenstein mit 2,04 m Durchmesser und einer durchschnittlichen Füllhöhe von rund 11,0 m. Das Futter in den Silos wurde nur durch den Eigendruck des Futters verdichtet. Dabei erreichte das gehäckselte Futter mit 181 kg TM/m³ den höch-

sten Wert. Damit errechnet sich eine Siloraumeinsparung von rund 12 % im Vergleich zur Langschnittvariante und von rund 2,5 % im Vergleich zur Kurzschnitt-Ladewagenvariante.

In einer DLG Prüfung wurden an Rundballen mit Schneidwerk Pressdichten von 179 bis 217 kg TM/m³ gemessen.

Schnittlängenfraktion

Die Schnittlängenanteile wurden vom Futter, das mit dem Feldhäcksler mit einer theoretischen Schnittlänge von 17

mm, dem Kurzschnittladewagen mit einer theoretischen Schnittlänge von 34 mm und einem Langschnittladewagen mit einer theoretischen Schnittlänge von 90 mm geerntet wurde, bestimmt (*Abbildung 1*).

Die Langschnittvariante hat nur einen Anteil von 16 Gewichtsprozent im Bereich unter 80 mm. Beim Kurzschnitt-Ladewagen sind es immerhin bereits 67 Gewichtsprozent, die diesem Anteil angehören und beim Feldhäcksler 81 %. Feldhäcksler und Kurzschnittladewagen unterscheiden sich stärker in der Kategorie bis 40 mm. Dabei erreicht der Feldhäcksler einen Anteil von knapp 60 % und der KS-Ladewagen von 32 %.

Betriebswirtschaftliche Ergebnisse

Unterschiedliche Erntemengen je ha ergeben natürlich unterschiedliche absolute Kosten und damit unterschiedliche absolute Differenzen je Verfahren. Unter der Voraussetzung, dass für alle Ernteverfahren die gleiche Schwadqualität gegeben ist, handelt es sich bei der Mengendimension nur um einen Skalierungseffekt, d. h. dass z.B. die Kosten bei 4.000 kg TM/ha doppelt so hoch sind wie bei 2.000 kg TM/ha. Es wurde daher auf eine Darstellung der Ergebnisse für unterschiedliche Erntemengen je ha verzichtet.

Tabelle 12, sowie *Abbildung 2* zeigen die Gesamtkosten der 3 Verfahren je ha, wenn die ÖKL Richtwerte bzw. Praxiswerte zugrundegelegt werden.

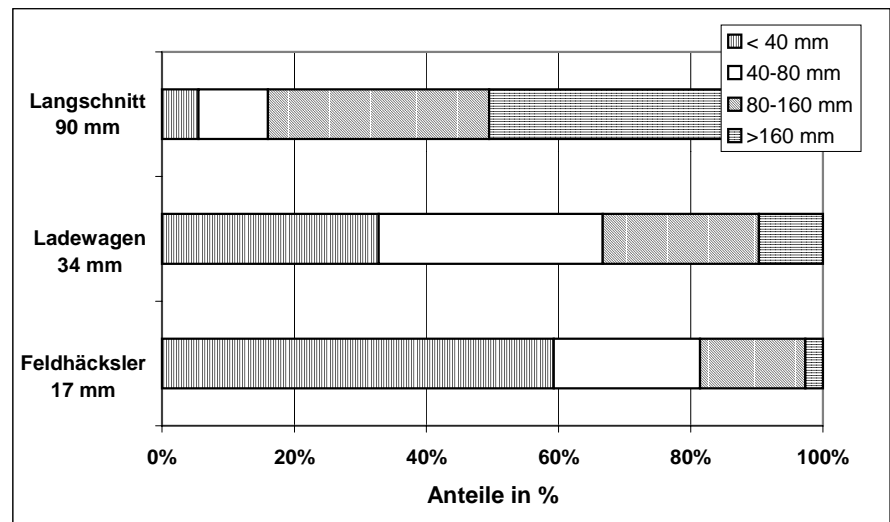


Abbildung 1: Schnittlängenfraktion der Ernteverfahren (1.Schnitt, Dauerwiese, 32%TS)

Wird streng nach ÖKL Richtwerten abgerechnet, so ergeben sich beim 27 m³ KS-LW je nach Entfernung Gesamtkosten zwischen • 56,- und • 212,-. Bei geringerer Feld - Hofentfernung (bis ca. 3 km) ist der 27 m³ KS-LW somit das günstigste der berechneten Verfahren. Der 40 m³ KS-LW verursacht Gesamtkosten zwischen • 72,- und • 190,-. Die Silierung mit dem Großraum-Ladewagen ist zwischen 3 und 5 km Feld – Hofentfernung, bei Anwendung der ÖKL Richtwerte, das billigste Verfahren. Mit • 102,- bis • 180,- sind die Kosten des Häckslerverfahrens nur bei Entfernungen über 5 km unter jenen der Ladewagenverfahren.

Werden die als Praxiswerte beschriebenen Maschinenkosten (siehe *Tabelle 12*) in der Berechnung berücksichtigt, dann sind die Gesamtkosten je ha bei allen Verfahren insgesamt geringer (*Tabelle 12*). Der 27 m³ KS-LW ist bei arrondierten Wiesen weiterhin das günstigste Verfahren, aber bei 1,5 km Feld – Hofentfernung ist er dem 40 m³ KS-LW nur noch um • 1,31/ha überlegen. Ab 5 km ist er eindeutig das teuerste der untersuchten Silierverfahren. Der 40 m³ KS-

LW übernimmt die Kostenführerschaft bis zu einer Entfernung der Wiesenflächen von 5 km. Obwohl die im Versuch bezahlten Kosten für den Häckslernur noch die Hälfte der vom ÖKL berechneten Kosten ausmachen, liegt das Häckslerverfahren erst bei Entfernungen über 5 km unter den Ladewagenverfahren. Wie allerdings Erhebungen im Innviertel und Flachgau ergeben haben, werden in einigen maisstarken Gebieten sogar noch niedrigere Kosten für die Häckslerkette veranschlagt. Aus einer Abrechnung des MR Ennstales aus dem Jahre 2001 geht eine etwas höhere Flächenleistung hervor. Setzt man diese in die Berechnungen ein, so verringert sich der Abstand zu den Ladewagenvarianten deutlich, schneidet sich allerdings auch erst ab 5 km Feld-Hofentfernung in der Kostenkurve unter sonst gleichen Annahmen.

Schlussfolgerungen aus betriebswirtschaftlicher Sicht

Stehen für einen Betrieb mehrere Verfahren zur Auswahl, so ist bei sehr kurzen Feld – Hofentfernungen der Ladewagen mit mittlerer Ladekapazität die

erste Wahl. Bei größeren Entfernungen (3 bis 5 km) lohnt es sich einen Ladewagen mit größerem Laderaumvolumen einzusetzen. Erst bei großen Feld – Hofentfernungen kann der Häckslernur seine hohe Schlagkraft auch betriebswirtschaftlich in Kostenvorteile umsetzen. Da im alpinen Raum bei einem Großteil der Betriebe die mittlere Feld – Hofentfernung zwischen einem und zwei Kilometer liegt, sollte sich aus betriebswirtschaftlicher Sicht das Ladewagenverfahren mit mittlerer Laderaumkapazität auch in Zukunft behaupten können.

Rundballensilage, die in diesen Berechnungen nicht berücksichtigt wurde, ist generell ein teures Silierverfahren und eignet sich besonders für Kleinbetriebe ohne eigene Siliertechnik (Fahrsilo, Entnahmegerate) und für Flächen mit großen Transportentfernungen, sowie Restflächen.

4. Zusammenfassung

Die Feldhäckslerkette bringt bei guter Ablauforganisation unabhängig von der gegebenen Feld-Hofentfernung hohe bis höchste Ernteleistungen (5 bis 7 ha/h). Dabei ist nicht so sehr die Feldgröße oder die Betriebsgröße entscheidend, als vielmehr der reibungslose innere Ablauf (Zu- und Abfahrt am Hof, Größe der Transportfahrzeuge, Fremdkörperanteil auf den Feldern, usw.). Die optimale Verdichtung ist bei den hohen Erntemengen, die pro Zeiteinheit angeliefert werden, schwierig. Walzgewichte von wenigstens 12 bis 14 t sind erforderlich, damit die Erntekette bis zur Futterqualität gut funktioniert. In den Hochsilos der BAL Gumpenstein erreichte die Siloraumdichte den Wert von 181 kg TM/m³.

Mit dem neuen Großraumladewagen von bis zu 66 m³ Bruttoladevolumen (40,5 DIN m³) wurde für die Häckslerkette Konkurrenz geschaffen. Die Ernteleistungen sind bei mittleren Feld-Hofentfernungen von bis zu einem Kilometer nicht viel geringer und der hohe Anteil an kurz geschnittenem Futter (67 % unterhalb von 80 mm) garantiert einfache und gute Verdichtungsmöglichkeit. Mit den Dosierwalzen ist das Futter sehr gleichmäßig zu verteilen und mit gut ballastierten Traktoren gut zu verdichten. Problematisch ist der hohe Bodendruck (22 t Gesamtgewicht), der diese Tech-

Tabelle 12: Gesamtkosten in Euro/ha berechnet nach ÖKL Richtwerten / Praxiswerten

Feld - Hofentfernung	27 m ³ KS-LW	40 m ³ KS-LW	Häckslernur
bis 0,5 km	56,-/49,-	72,-/59,-	102,-/69,-
0,6 bis 1,0 km	79,-/68,-	86,-/70,-	113,-/80,-
1,1 bis 3,0 km	85,-/74,-	90,-/72,-	117,-/84,-
3,1 bis 5,0 km	120,-/104,-	118,-/94,-	135,-/102,-
5,1 bis 10,0 km	212,-/183,-	190,-/151,-	180,-/147,-

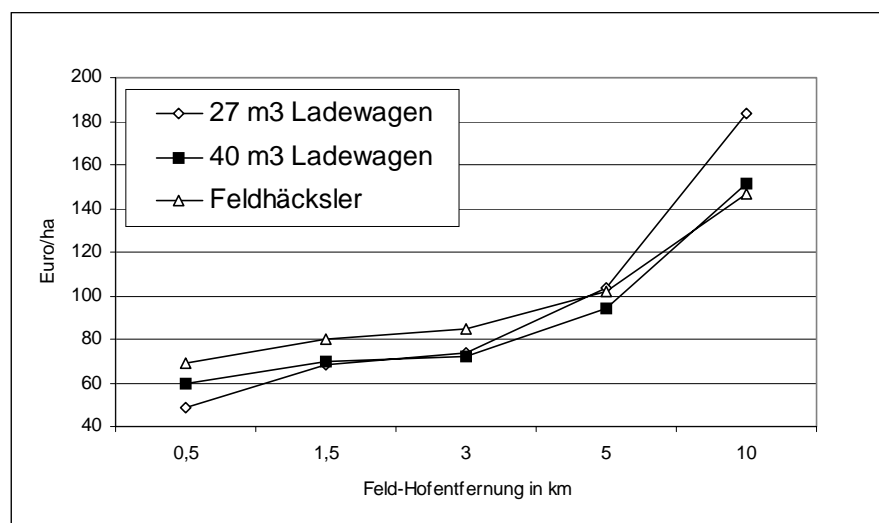


Abbildung 2: Gesamtkosten der 3 Verfahren auf Basis von Praxiswerten in Euro je ha

nik für bestimmte Böden oder Boden-zustandsbedingungen eventuell unbrauchbar macht. Die mit dem hohen Gewicht verbundene geringere Hangtauglichkeit (Wendigkeit) und die erforderliche hohe Motorleistung von wenigstens 200 PS können ebenfalls einsatzbezogen limitierend wirken.

Aus der Sicht der Arbeitsorganisation wird deshalb für viele überbetriebliche Einsätze auch der "kleinere" Kurzschnitt-Ladewagen mit 27,3 m³ von Interesse bleiben. Mit guten Ernteleistungen von 2,8 ha in der Stunde, sehr guter Schnittqualität (65 % unterhalb von 80 mm) und in Grünlandbetrieben doch bereits vermehrt vorhandener Motorleistung von 100 bis 120 kW, lassen sich ebenfalls Silagen höchster Qualität produzieren. Die einfachere Organisation einer Silierkette und die Kosten sprechen bei geringen bis mittleren Feld-Hofentfernungen von bis zu 3 km eindeutig für den KS-Ladewagen. Erst darüber hinaus wird der Großraumladewagen und die Häckslerkette auch kostenmäßig interessant.

Siloraum lässt sich im Vergleich zum modernen KS-Ladewagen mit der Häckslerkette nur unwesentlich (2,5 %) einsparen, allerdings läuft die Absäuerung in kurz gehäckseltem Futter schneller und der pH-Wert sinkt tiefer ab als im geschnittenen Futter.

ABSTRACT

On five farms different harvesting techniques were used for making silage in flat silos, a field chopper (320 kW) with three or four vehicles for transport (tractor and trailer) and two self-loading trailer (short-cutting self-loading trailers 27,3 and 40,5 m³). Working hours, cutting length, density, forage quality and silage process were analysed and a economical calculation were made.

By a good labour organisation 5 to 7 ha permanent grassland per hour can be har-

vested by a field chopper, independent from the field distances to the farms. The compression of the forage on the silo flat is one problem you have to solve, you need a heavy tractor or an excavator at least with 12 – 14 t weight. 81 % from the harvested forage has a length less than 80 mm, 60 % less than 40 mm. The forage density in the silo towers from Gumpenstein, only with self compression, was 181 kg DM/ m³, on the flat silos 153 till 212 kg DM/ m³.

The new self-loading trailer Jumbo from the Pöttinger company with 40.3 DIN m³ is a competitor to the field copper. You can harvest 4.5 to 6 ha per hour with a theoretical cut length of 34 mm and by a field distance till one kilometre. 67 % from the forage has a length less than 80 mm. You shouldn't use this technique on sensible areas about ground pressure, because you can have more then 25 t weight with trailer and tractor. You have limits also on sloped fields and you need a tractor with more than 150 kW engine power. The forage density in the silo towers from Gumpenstein, compression only with self weight, was 177 kg DM/ m³, on the flat silos 123 till 210 kg DM/ m³.

In Austria the smaller type of self-loading trailer with 27.3 DIN m³ and with a theoretical cut length of 42 mm is more used and compatible with our farm sizes and structure. 65 % from the harvested forage has a length less than 80 mm. You can harvest 2.0 to 3.5 ha per hour and you need a tractor with 95 to 110 kW which is available in machine syndicates. Till an average distance to the fields from 3.0 km the smaller self-loading trailer is cheaper than the field chopper chain.

Over 5 km distance to the fields, the field chopper chain is the cheapest possibility to harvest forage from permanent grassland and to store it in flat silos. In consideration to the forage quality we found out, that the silage from the field chop-

per produces more fermentation acid and the ph-value got lower (4,2) compared to the self-loading trailer with 34 mm cutting length (4,6) and with 90 mm cutting length (4,7) . The density from the self-loading trailer with 90 mm theoretical cutting length was 162 kg DM/m³.

5. Literatur

1. BUCHGRABER, K., R. RESCH, L. GRUBER und G. WIEDNER (1998): Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. Der fortschrittliche Landwirt. Sonderbeilage Heft 2, Seite 1-11.
2. BUCHGRABER, K. (1998): Nutzung und Konservierung des Österreichischen Grünlandfutters im Alpenraum. Habilitationsschrift an der Universität für Bodenkultur, Wien, 1998.
3. BRAUN, O. (1997): Drei Rundballenpressen DLG-anerkannt. Profi, 6/97 S. 16-23.
4. FORMAYER, H., A. WEBER, S. ECKHARDT, G. VOLK, J. BOXBERGER, H. KROMP-KOLB (2000): Endbericht zum Projekt: "Ermittlung der verfügbaren Feldarbeitstage für die Landwirtschaft in Österreich". Forschungsprojekt Nr. 1086 im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Dezember 2000.
5. HUNGER, F. (1997): Kostenvergleich verschiedener Silierketten für die Grassilagebereitung. Bericht über die 24. Tierzuchttagung "Züchtung, Haltung, Proteinbedarf, Fruchtbarkeit und Silierung", BAL Gumpenstein, 6.-7. Mai 1997, 45-51.
6. LUDER, W. (1982): Ermittlung der Erntegelegenheiten und des Verlustrisikos aufgrund von Klimadaten, dargestellt am Beispiel der Rauhfutterernte. Dissertation an der ETH Zürich, Diss.Nr. 6981. S. 37-71.
7. MÜLLER, J. (1997): Einfluß der Schnittlänge auf ausgewählte Kriterien der Silagebereitung und -verwertung. Tagungsband der DLG-Ausschüsse "Grünland und Futterbau" und "Futterkonservierung" am 30. Juni bis 2. Juli 1997 an der BAL Gumpenstein.
8. ROHNER, R. und U. WYSS (1995): Einflussgrößen auf das Raumgewicht von Grassilagen. FAG, Schweiz. Agrarforschung 2 (8): 333-336.
9. TRITSCHER, W. (1991): Rundballenpressen-Vergleich: Technik – Silagequalität – Kosten – Umwelt. Fortschrittlicher Landwirt. Stocker Verlag Heft 4/1991, SB 1-9.
10. UPPENKAMP, N. (1995): Ladewagen, Häcksler oder Pressen? Profi 3/95 S. 70-75.

