

Josef Holzer, Stefan Sagkob und Heinz Bernhardt

Grassilagebereitung – Systemvergleich auf kleinstrukturierten Milchviehbetrieben

Landwirtschaftliche Betriebe haben verschiedene Erntesysteme für Grassilage zur Auswahl. Zu den Ernteverfahren gibt es zahlreiche Untersuchungen, die jedoch meist unter standardisierten Versuchsbedingungen durchgeführt wurden. Welche der Angaben eine Anwendung auf Praxisbetrieben mit kleinen und ungünstig geformten Schlägen Anwendung finden können, ist oft unklar. Deshalb wurde auf zwei bayerischen Milchviehbetrieben die Erntesysteme Häckselkette und Ladewagen sowie die Erntevorbereitung in Eigenmechanisierung gegenüber der Lohnarbeit untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass angegebene Kennwerte nicht ohne Weiteres auf kleinstrukturierte Betriebe übertragen werden können.

Schlüsselwörter

Verfahrensvergleich, Grassilage, Erntesysteme

Keywords

Process comparison, grass silage, harvest chains

Abstract

Holzer, Josef; Sagkob, Stefan and Bernhardt, Heinz

Grass silage preparation – comparison of systems on small-scaled dairy-cattle farms

Landtechnik 66 (2011), no. 3, pp. 176–179, 2 figures, 2 tables, 7 references

Farms have different harvesting systems for grass silage for selection. There are a number of comparative studies on the harvesting method, but they usually are performed under standardized test conditions. Which of these information can find an application on practical farms with small and inconvenient shaped meadows? Therefore, the harvest preparation with own machinery in comparison to paid work and the harvest in the harvesting chain versus a loading wagon were tested on the conditions in two Bavarian dairy cattle farms. The results show that the published parameters can not be easily transferred to small scale farms.

■ In zahlreichen Untersuchungen finden sich Angaben zu Kennwerten in der Silagebereitung. Bereits im Jahre 1998 wurde die Mähleistung bei der Futterernte auf 0,7 bis 1,0 Hektar je Stunde (ha/h) pro Meter Arbeitsbreite (m AB) beziffert [1]. Außerdem werden die Leistungen für das Zetten mit 2,5–9,0 ha/h und beim Schwaden mit bis zu 5,5 ha/h mit dem Einkreiselschwader angegeben. In der Ernte wird die Häckselkette vielfach als das leistungsfähigere Verfahren beschrieben [2; 3; 4]. Die Bergeleistung bei einem Ladewagen mit 40 m³ beträgt bei einer Hof-Feld-Entfernung von 1 km 5 ha/h, bei einer Fahrstrecke von 5 km sinkt sie auf 2 ha/h. Bei einem Häcksler mit 331 kW bleibt die Leistung annähernd konstant bei ca. 7 ha/h [5].

Doch wie gestaltet sich die Grassilagebereitung tatsächlich auf kleinen bis mittleren Milchviehbetrieben mit Flächen unterschiedlicher Größe, Topographie, Bodenarten und Hofentfernungen? Wie wirken sich die unterschiedlichen Verfahren aus und auf welches System sollen diese Betriebe setzen?

Um diese Fragen zu beantworten, muss die Problematik der Verfahrenswahl auf die Situation der vielen kleinstrukturierten Betriebe übertragen werden. Dazu wurden zwei bayerische Milchviehbetriebe mit beschriebener Flächenstruktur ausgewählt; trotz vergleichbarer Flächenausstattung und Erntemengen verfolgen diese Betriebe grundverschiedene Ansätze in der Futterbereitstellung.

Ziel der Versuche war es, die in der Literatur angegebenen Verfahrenskennwerte von Ernteketten im Praxiseinsatz zu überprüfen, und Verfahrensaufwand und -kosten zu ermitteln, um so die Vor- und Nachteile der Systeme herauszuarbeiten und Aussagen für kleinstrukturierte Regionen treffen zu können.

Material und Methoden

Betrieb A setzt seit Jahren auf die eigenmechanisierte Erntevorbereitung mit Mähen, Zetten und Schwaden. Dabei kommen Schlepper mit Leistungen zwischen 37 und 66 kW zum Einsatz. Die Trommelmäherwerke mähen auf 4,5 m Breite, der Kreiselzettwender hat eine Arbeitsbreite von 5,5 m und der Einkreiselschwader arbeitet auf 3,5 m Breite. Die Ernte in der Häckselkette erfolgt mit einem 320-kW-Feldhäcksler. Mit drei Transportgespannen, Zugmaschinenleistung bis zu 74 kW Leistung und Anhängervolumen von 16–18 m³, wird die Logistik sichergestellt. Auf Betrieb B kommen in Lohnarbeit ein Ladewagen mit 43 m³ Volumen an einem 225-kW-Schlepper und zuvor ein Großflächenmäher mit Aufbereiter und Schwadzusammenführung zum Einsatz, der mit 260 kW eine Mähbreite von 9,7 m besitzt (**Abbildung 1**).



Grassilagebereitung mit dem Ladewagen (links) und in der Häckselkette (rechts) (Fotos: Technische Universität München)
 Fig. 1: The grass silage preparation with the load carriage (left) and in the harvesting chain

Tabelle 1 enthält die verfahrenstechnisch relevanten Daten zu den Versuchsbetrieben. Die Erntefläche von jeweils ca. 13 ha sowie die Flächenverteilung ähneln sich auf beiden Betrieben und stellen eine gute Basis für einen Vergleich der Erntesysteme dar.

Die Aufzeichnung der Versuchsdaten erfolgte nach neutralen, zuvor festgelegten und definierten Standards. Auf beiden Betrieben wurden die Daten beim ersten Grünlandschnitt 2009 erhoben. Die Angaben über die Flächengrößen auf beiden Betrieben stammten aus der jeweiligen Schlagkartei, die Flächenentfernungen wurden mit dem Bayernviewer der bayrischen Vermessungsverwaltung gemessen. Die Zeiterfassung erfolgte auf beiden Betrieben ausschließlich manuell mittels geeichten Stoppuhren und zeitsynchroner Uhren. Auch wurden beim Einsatz betriebseigener Geräte die Arbeitszeiten für Wartung, Pflege und Rüsten der Maschinen erfasst, die später Einfluss auf die Kosten des Maschineneinsatzes haben. Bei allen Arbeitsschritten wurden Anfahrtszeit, Rüstzeit, Prozesszeit und Störzeiten unterschieden.

Bei der Ernte in der Häckselkette erfasste eine Person alle Arbeitsschritte an der Wiese per Stoppuhr und notierte die Uhrzeiten der An- und Abfahrt. Eine zweite Person ermittelte an der Siloanlage die Ankunftszeit, stoppte Wende- und Abladezeiten und notierte die Abfahrtszeit.

Die transportierten Massen wurden über das Volumen der Transporteinheiten abgeschätzt. Am Silo wurde der Füllstand der Anhänger prozentual notiert. Zur Kontrolle der Ergebnisse und zur ungefähren Bestimmung der Dichte im Silo wurde das Silovolumen ebenfalls gemessen.

Die Kosten für die jeweiligen Verfahren wurden über die Rechnungen der Lohnunternehmer ermittelt oder stammten aus den KTBL-Kalkulationsdaten aus den Jahren 2005 und 2008 [6; 7].

Für beide Verfahren und jeden Arbeitsschritt wurde einzeln eine Vollkostenrechnung aufgestellt, die alle laut Rechnungen tatsächlich anfallenden Kosten, variable und fixe Kosten der jeweiligen Eigenmechanisierung sowie die Lohnansätze für Betriebsleiter und weitere Arbeitskräfte beinhaltet. Dem

Tab. 1

Übersicht über die verfahrenstechnischen Grunddaten
 Table 1: Overview of the basic engineering data

	Betrieb A/Farm A Eigenmechanisierung, Häckselkette Self-mechanisation, harvesting chain	Betrieb B/Farm B Lohnarbeit, Ladewagen Paid labour, loading wagon
Erntefläche [ha]/Total Harvesting area [ha]	12,9	13,6
Flächengrößen [ha]/Area size [ha]		
Minimum	0,6	0,7
Maximum	5,8	6,3
Mittelwert/Mean	1,6	2,1
Hof-Feld-Entfernung [m]/Farm-field distance [meters]		
Minimum	15	70
Maximum	2 600	4 800
Mittelwert/Mean	1 900	2 300

kalkulatorischen Lohnansatz lagen hierbei die Richtsätze für den Lohnansatz nicht entlohnter Arbeitskräfte zugrunde. Als Grundlohn für den Betriebsleiter werden nach KTBL-Literatur 12,48 Euro/Arbeitskraftstunde (€/AKh) bei 2000 AKh plus Zuschlag für den Wirtschaftswert angegeben [6]. Der kalkulatorische Lohn der Betriebsleiter wurde darauf beruhend für die Auswertungen beider Betriebe auf einen einheitlichen Wert von 15 €/AKh angesetzt, wie in der Kostenkalkulation allgemein üblich.

Ergebnisse

Selbstfahrende Arbeitsmaschine ist schneller und günstiger

In **Abbildung 2** sind die Ergebnisse zusammengefasst. Es ist ersichtlich, dass Betrieb A mit der Eigenmechanisierung deutlich mehr Arbeitskraftstunden je Hektar (AKh/ha) Erntefläche aufwenden muss.

In Eigenmechanisierung erledigt, beansprucht das Mähen 0,76 AKh/ha. Den mit 82 % größten Anteil an dieser Zeit hat die Prozesszeit, was auf die geringe Flächenleistung zurückgeführt werden kann. Zudem fallen in regelmäßigen Abständen Standzeiten zum Reinigen des Kühlers am Schlepper an. Hinzu kommen die Zeiten für Zetten mit 0,4 und Schwaden mit über 0,8 AKh, sodass sich die Gesamtzeit der Erntevorbereitung auf 2 AKh/ha beziffert. Die Prozesszeit beim Zetten und Schwaden nimmt aufgrund der niedrigen Arbeitsbreiten 76 % der Gesamtzeit. Für die Gesamterntefläche von 12,9 ha werden 9,75 AKh allein für das Mähen benötigt. Die Erntevorbereitung in Eigenmechanisierung hat eine durchschnittliche Flächenleistung von 0,86 ha/h.

Mit dem Selbstfahrer wird für das Mähen mit 0,22 AKh nicht einmal ein Drittel der Zeit benötigt. Das Zetten entfällt dank des Aufbereiters und für das Aufschwaden der vom Mäher gelegten Schwade sind nur 0,25 AKh/ha notwendig. Mit 0,5 AKh/ha spart Betrieb B somit gegenüber Betrieb A 75 % der Zeit für die Erntevorbereitung je ha. Der Prozesszeitanteil des Mähers liegt bei 70 %, die Fahrzeit beträgt im gesamten Verfahren fast eine Stunde bzw. 27 % bei einer Gesamtzeit von

3 Stunden. Im Schnitt schafft der Großflächenmäher trotz der kleinen durchschnittlichen Flächengröße und den häufigen Umsetzvorgängen 4,55 ha/h. In der Spitze sind auch unter kleinstrukturierten Bedingungen 9,6 ha/h möglich. Somit werden im Schnitt 0,4 ha/h und m AB geschafft, in der Spitze 1 ha/h und m AB. Die Werte liegen im Bereich der herangezogenen Literatur und können unter den vorgegebenen Bedingungen jedoch nur vom Selbstfahrmäher erreicht werden [1].

Die Unkosten in der Schnitttechnik sind vergleichbar, laut Rechnung kostet der Großflächenmäher 37,50 €/ha. Bei der Eigenmechanisierung wird mit Arbeitsstunden gerechnet. Für das Aufschwaden der Schwadablage nach dem Selbstfahrmäher werden 11 €/ha berechnet. Aus KTBL-Werten für die Maschinen und dem kalkulatorischen Lohnansatz ergeben sich Mähkosten von 37,47 €/ha [6]. Hier kommen jedoch noch Ausgaben für Zetten in Höhe von 13 €/ha und Schwaden von 20 €/ha hinzu, was eine Gesamtkostenbelastung der eigenmechanisierten Erntevorbereitung von 70 €/ha gegenüber knapp 50 €/ha bei Lohnarbeit bedeutet.

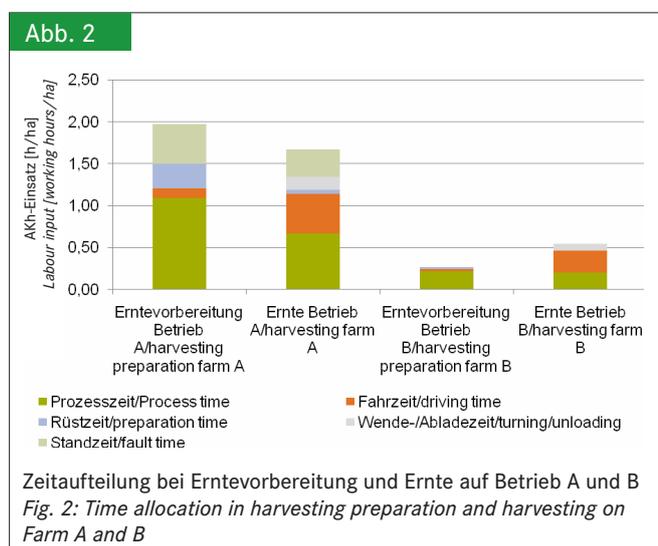
Ernte: Doppelter Aufwand – geringe Leistungssteigerung

Den Zeitaufwand betreffend hat eindeutig die Häckselkette Vorteile, die allerdings genauer analysiert werden müssen. Die Fläche von knapp 13 ha wird in der Häckselkette in 5,5 Stunden geerntet. Das entspricht einer Schlagkraft von 2,4 ha/h. In Publikationen findet man hier Werte von 7 ha/h [5], was bei optimal organisierter Logistik unabhängig von der Hof-Feld-Entfernung gelten soll.

Der Ladewagen benötigt für 13,6 ha mit einer ähnlichen Flächenstruktur zwei Stunden länger und erntet somit 1,8 ha/h. Im Gegensatz zur Häckselkette variiert die Bergeleistung mit der Fahrstrecke. So werden bei hofnahen Schlägen (Entfernung bis 1 000 m) in der Spitze 3,3 ha/h und bei weiter entfernten Schlägen (4 800 m) noch 1,7 ha/h eingefahren. Trotz seiner hohen Leistungsklasse mit 225 kW Schlepperleistung und 43-m³-Ladewagen bleibt das Ladewagenspann hinter den Literaturangaben von 5 ha/h Ernteleistung bei 1 000 m Entfernung und 2 ha/h bei 5 000 m [5] zurück.

Für die um 30 % höhere Leistung ist bei der Häckselkette ein wesentlich höherer Faktoreinsatz notwendig als beim Ladewagen. Bei den Transportgespannen hat mit 37 % Zeitanteil die Fahrzeit den größten Anteil. 30 % fällt der reinen Ladezeit zu. Mit einem Anteil von 20 % an der Gesamtzeit aller Transporteinheiten sind die unproduktiven Standzeiten sehr hoch. Der Häckseler kann nahezu ausgelastet werden; der Prozesszeitanteil beträgt 77 % bei einem Standzeitanteil von 6 %.

Trotz kürzerer Gesamtdauer der Häckselkette fallen hier je ha insgesamt 1,7 AKh an, bei der Ladewagenenernte sind nur 0,5 AKh/ha notwendig. Ein Fünftel der Zeiten in der Häckselkette sind dabei Standzeiten nach dem Umsetzen der Kette. Der Arbeits- und Maschineneinsatz verursacht bei der Häckselkette einen finanziellen Aufwand von 165 €/ha, beim Ladewagen, der stündlich 125 € kostet, sind 118 €/ha fällig. Weitere Kennzahlen der Gesamternte zeigt **Tabelle 2**. Für den gesamten Grünland-



Tab. 2

Verfahrenstechnische Kennzahlen der Grassilagebereitung
 Table 2: Procedure-related characteristics of grass silage preparation

	Betrieb A/ <i>Farm A</i> Eigenmechanisierung, Häckselkette <i>Self-mechanisation, harvesting chain</i>	Betrieb B/ <i>Farm B</i> Lohnarbeit, Ladewagen <i>Paid labour, loading wagon</i>
Erntevorbereitung/<i>Harvesting preparation</i>		
Dieserverbrauch/ <i>Diesel consumption</i> [l/ha]	11,40	11,33
Arbeitsaufwand/ <i>Labour input</i> [AKh/ha]	1,98	0,47
Flächenleistung/ <i>Performance</i> [ha/h]	1,03	4,30
Kosten/ <i>costs</i> [€/ha]	69,79	48,00
Ernte/<i>harvesting</i>		
Dieserverbrauch/ <i>Diesel consumption</i> [l/ha]	29,61	14,52
Arbeitsaufwand/ <i>Labour input</i> [AKh/ha]	1,7	0,50
Schlagkraft/ <i>Harvesting performance</i> [ha/h]	2,39	1,83
Bergeleistung/ <i>Harvesting performance</i> [t FM/h]	30	22,50
Kosten/ <i>costs</i> [€/ha]	165,13	117,80
Kosten/ <i>costs</i> [€/t TM]	38,8	27,20
Gesamtfahrstrecke/ <i>Total distance</i> [km]	150,7	85,80
Gesamtarbeitsaufwand/<i>Total labour input</i> [AKh]	3,68	0,97
Gesamtkosten/<i>Total costs</i> [€/ha]	234,92	165,80

schnitt zahlt der Ladewagen-Betrieb mit 165 €/ha genau so viel, wie allein die Ernte auf dem Häckselbetrieb ausmacht, dessen Gesamtverfahren mit 235 €/ha zu Buche schlägt.

Wenig Spielraum in der Logistik

Besonderes Augenmerk gilt bei der Häckselkette der Logistik, deren Organisation sich viel aufwendiger erweist als die Organisation eines Ladewagens. Die untersuchte Häckselkette ist bereits seit Jahren im Einsatz und routiniert. Hohe Standzeitanteile ergeben sich zu Beginn der Ernte und teilweise nach dem Umsetzen der Kette. Durch optimierte Planung der Erntereihenfolge kann bei einigen Schlägen ein Gespann eingespart werden. Um Standzeiten des Häckslers zu minimieren, müsste auf weit entfernten Schlägen ein zusätzliches Gespann eingesetzt werden. Diese optimierte Logistik könnte die Zeitanteile verschieben, hat jedoch kaum Einfluss auf die Verfahrenskosten und den Arbeitskräfteeinsatz.

Betrachtet man den finanziellen Aufwand und den Arbeitskräfteeinsatz, stellt sich die Frage, warum Betrieb A nicht den Lohnmäher und den Ladewagen einsetzt. Nicht zuletzt beruht das auf der persönlichen Einstellung des Betriebsleiters, der anfallende Arbeiten bevorzugt ohne zusätzlichen Organisationsaufwand und Terminkosten erledigen möchte. Die Mechanisierung ist auf dem Betrieb vorhanden und wird auch zur Heuwerbung eingesetzt. Ausgebildete Arbeitskräfte sichern die Prozesssicherheit und Schlagkraft. Die Häckselqualität ist ein Vorteil in der eingesetzten Fütterungstechnik.

Für Betrieb B ist die Häckselkette allein aus arbeitswirtschaftlicher Sicht keine Option. Zudem müssten weitere Transportgespanne angemietet werden. Viele Wiesen sind außerdem nur über schmale Privatwege ohne Ausweichmöglichkeiten zu erreichen. Die günstigen Verfahrenskosten bestätigen in vorliegender Untersuchung die Verfahrenswahl.

Schlussfolgerungen

Das universell einsetzbare und „optimierte“ Ernteverfahren in der Grassilagebereitung gibt es nicht. Die im Rahmen dieser Untersuchung analysierten Verfahrensketten „Häckselkette“ und „Ladewagen“ haben Vor- und Nachteile und können Vorzüge auf dem jeweiligen Betrieb gut darstellen. Insgesamt sind die Leistungen auf beiden Betrieben relativ gering, was mitunter an den betrieblichen Gegebenheiten mit ungünstig geformten Schlägen und verstreuter Lage der Wiesen liegt. Die Untersuchung zeigt, dass die Technik in der Grassilagebereitung aufeinander abgestimmt werden muss; beim Verfahren „Häckselkette“ rückt die optimierte Logistik in den Vordergrund. Eine Vielzahl von Faktoren, nehmen Einfluss auf das Gelingen einer qualitativ hochwertigen Silage. Welches Verfahren ein Betriebsleiter wählt, muss individuell entschieden werden. Persönliche Einstellung und Faktorausstattung spielen hierbei eine Rolle.

Literatur

- [1] Schön, H. et al. (1998): Die Landwirtschaft. Band 3: Landtechnik/Bauwesen. 9. Auflage, BLV Verlagsgesellschaft, München
- [2] Eichhorn, G. (1999): Landwirtschaftliches Lehrbuch Landtechnik, 7. Auflage, Stuttgart
- [3] Füll, Ch. (2009): Logistik der Silageeinlagerung bei hohen Masseströmen. Landtechnik 64 (3), S. 168-171
- [4] Küper, J.-M. (2009): Ladewagen contra Feldhäcksel. top agrar 5, S. 84-87
- [5] Süß, H. (2002): Wettstreit der Systeme. Bayerisches landwirtschaftliches Wochenblatt 15, S. 21-23
- [6] KTBL (2005): Faustzahlen für die Landwirtschaft, 13. Auflage, Darmstadt
- [7] KTBL (2008/09): Betriebsplanung Landwirtschaft, 21. Auflage, Darmstadt

Autoren

B. Sc. Josef Holzer ist Student der Agrarwissenschaften an der TU München, E-Mail: sepp.holzer@mytum.de

M. Sc. Stefan Sagkob ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und **Prof. Dr. Heinz Bernhardt** ist Ordinarius am Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik der Technischen Universität München, Am Staudengarten 2, 85356 Freising