



MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH

HBLFA RAUMBERG - GUMPENSTEIN
LANDWIRTSCHAFT

Abschlussbericht Pickup-Schwader

Projekt Nr. 3638 (101069)

**Test der Pickup-Schwadertechnologie
hinsichtlich erdiger Futtermverschmutzung,
Rechverluste, Schwadform und Flächenleistung**

**Test of pickup swathing technology concerning soil
contamination, raking loss, swath shape and
working performance**

Projektleitung:

Ing. Reinhard Resch, HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Ing. Alfred Pöllinger, HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Gregor Huber, HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Projektpartner:

RT Engineering GmbH

Projektlaufzeit:

2015-2016

raumberg-gumpenstein.at



Impressum

Herausgeber

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft (HBLFA)

Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft

Direktor

Dir. Mag. Dr. Anton Hausleitner

Leiter für Forschung und Innovation

Dipl. ECBHM Dr. Johann Gasteiner

Für den Inhalt verantwortlich

die Autoren

Redaktion

Ing. Reinhard Resch

Druck, Verlag und © 2016

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein

A-8952 Irdning-Donnersbachtal

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Summary.....	4
1. Problem- und Fragestellung	5
2. Material und Methoden.....	6
2.1 Versuchsplan.....	6
2.2 Ausgangsmaterial.....	6
2.3 Ernte und Bearbeitung des Grünlandfutters.....	9
2.4 Ertragsfeststellung	9
2.5 Leistungsmessung (Flächenleistung, Kraftbedarf)	10
2.6 Erhebung der Schwadform	11
2.7 Probenziehung am Schwad.....	11
2.8 Erhebungen zu Rech- und Bröckelverlusten.....	11
2.9 Laboranalysen.....	12
2.10 Datenerfassung, -kontrolle und -auswertung	12
3. Ergebnisse und Diskussion.....	13
3.1 Futterertrag.....	13
3.2 Feldverluste.....	14
3.2.1 Rechverluste.....	14
3.2.2 Bröckelverluste	14
3.2.3 Gesamtverluste von der Mahd bis zum Schwad.....	15
3.3 Inhaltsstoffe	16
3.3.1 Rohprotein (XP).....	16
3.3.2 Neutrale Detergentien Faser (NDF).....	17
3.4 Futtermverschmutzung	18
3.4.1 Rohasche (XA)	18
3.4.2 Salzsäure unlösliche Asche (Sand)	19
3.4.3 Eisen (Fe).....	19
3.5 Schwadform.....	20
3.6 Arbeitsleistung und Gesamtkosten für die Schwadarbeit	20
4. Literatur	22
5. Anhang.....	23

Zusammenfassung

Im Schwaderversuch GL-900 der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurde ein neuartiger Pickup-Schwader mit Förderband auf einem Betrieb in Wörschach an zwei Kulturen (Feldfutter, Luzerne) und zwei Anwelkstufen (Silage, Heu) auf Feldverluste, Futtermverschmutzung und Arbeitsleistung unter Praxisbedingungen im Vergleich zu einem konventionellen Zweikreis-Mittelschwader geprüft. In den sechs exakten Einzelversuchen konnte beobachtet werden, dass die Prototypversion des Pickup-Schwaders von RT Engineering (Stand 2015) im gräserreichen Feldfutterbestand bei akzeptabler Narbendichte im Trend geringere Feldverluste, weniger Futtermverschmutzung und eine etwas bessere Futterqualität erzielen konnte als der Zweikreis-Mittelschwader. In der Kultur Luzerne, wo viel blattreiches Erntegut bodennahe lag, verzeichnete der Pickup-Schwader im Trend höhere Feldverluste, verbunden mit Einbußen bei der Futterqualität, weil zu viel wertvolle Blattmasse nicht aufgenommen und daher unzureichend auf den Schwad befördert wurde. Hinsichtlich Futtermverschmutzung gab es bei Luzerne keine Unterschiede zwischen den beiden Schwadsystemen.

Tabelle 1: Effekte Pickup-Schwader gegenüber Mittelschwader

Kultur	Aufwuchs	Konservierung	n	Feldverluste			Nährstoffe		Futtermverschmutzung		
				Rechverluste	Bröckelverluste	Gesamtverluste	Rohprotein	NDF	Rohasche	Sand	Eisen
Feldfutter	3	Silage	3	0	0	0	0	0	+	++	+
	3	Heu	3	0	0	0	0	0	0	+	0
	4	Silage	3	+	0	0	0	0	0	+	0
Luzerne	3	Silage	3	0	0	0	0	0	0	0	-
	3	Heu	3	0	0	0	0	0	0	+	+
	4	Silage	3	0	-	0	0	0	0	0	0

Effekte bzw. Differenzen gegenüber Mittelschwader

P-Wert ++ besser (< 0,01); + besser (< 0,05); 0- gleich bzw. zufällig; - schlechter (< 0,05); -- schlechter (< 0,01)

Die Messungen der Arbeitszeiten ergaben auf ebener Fläche eine um 0,83 Hektar/Stunde höhere Feldarbeitsleistung des Pickup-Schwaders, bedingt durch die Fahrgeschwindigkeit von 14 km/h, gegenüber dem Zweikreis-Mittelschwader, der mit 8 km/h arbeitete. Bei gleicher Maschinenauslastung wäre die Schwadarbeit mit dem Pickup-Schwader kostenmäßig günstiger, weil mit diesem Gerät wesentlich schneller gefahren werden kann. Die durchschnittliche Arbeitsleistung des Pickup-Schwaders war trotz deutlich geringerer Arbeitsbreite von 3,0 m im Schwaderversuch GL-900 besser als die eines Zweikreis-Mittelschwaders mit 5,9 m Arbeitsbreite.

Schlüsselwörter: Schwadtechnologie, Rechverluste, Bröckelverluste, Feldverluste, Futtermverschmutzung, Flächenleistung

Summary

In the trial GL-900, carried out at the Agricultural Research and Education Centre (AREC) Raumberg-Gumpenstein, two different swath technologies (conventional twin rotor swather [control], prototype of pickup swather with belt from RT Engineering) have been examined under practical conditions in two cultures (grass/clover, lucerne), two conservation systems (silage, hay) and two different grassland growths (3rd, 4th) to determine forage losses, forage contamination and field performance.

In six exact experiments we observed that pickup-swathing was slightly better in terms of forage losses, forage contamination and forage quality, especially in grass dominated forage with good projective coverage. On the other hand the twin rotor swather performed better under difficult conditions in lucerne with less vegetation coverage. The sensible, low-lying leaf material of lucerne was harvested more effectively by the twin rotor swather.

Table 2: Effects of pickup-swather compared to twin rotor swather

culture	growth	conservation	n	forage loss			nutrients		soil contaminaton		
				rake loss	crumble loss	sum loss	crude protein	NDF	crude ash	sand	iron
grass/clover	3	silage	3	0	0	0	0	0	+	++	+
	3	hay	3	0	0	0	0	0	0	+	0
	4	silage	3	+	0	0	0	0	0	+	0
lucerne	3	silage	3	0	0	0	0	0	0	0	-
	3	hay	3	0	0	0	0	0	0	+	+
	4	silage	3	0	--	0	0	0	0	0	0

effects resp. differences to a conventional twin rotor swather

p-value ++ better (< 0,01); + better (< 0,05); 0- no significant difference; - worse (< 0,05); -- worse (< 0,01)

The measurement of working time indicated a better field performance of the pickup swather with + 0.83 hectare hour⁻¹ on a flat field. The operating speed was definitively higher with the pickup-swather (14 km hour⁻¹), therefore cost efficiency was better in comparison to the twin rotor swather (8 km hour⁻¹). In spite of the disadvantageous lowerworking width, the pickup-swather showed a better working performance than a twin rotor swathing system with 5.9 m working width.

Keywords: swath technique, rake loss, crumble loss, forage loss, forage contamination, field performance

1. Problem- und Fragestellung

Die Ernte von Grünlandfutter sollte aus Sicht der optimalen Futterkonservierung ohne erdige Futtermaterialverschmutzung passieren und eine möglichst hohe Flächenleistung sowie geringe Feldverluste gewährleisten. In der Praxis stößt die vorherrschende Schwadtechnologie mit dem Kreiselschwader bei steigender Erntefläche und ungünstiger Feldstückgeometrie durchaus an Grenzen. Ab einem Vierkreisel-Mittelschwadsystem bzw. ab Zweikreisel-Seitenschwadssystem muss das Erntegut über einige Meter nahe am Erdboden zur Schwadablage bewegt werden. Je mehr Kreisel das Schwadsystem aufweist, umso höher wird der technische Aufwand, verbunden mit einem steigenden Risiko einer suboptimalen Bodenadaptation und in der Folge Futtermaterialverschmutzung mit Erde.

Zu Beginn der 2000er Jahre wurde in Amerika eine Pickup-Schwadtechnologie speziell für die Ernte von Luzerne entwickelt. Pickup-Schwader heben das Erntegut mittels Federzinken an und führen es auf ein Querförderband, welches das Futtermaterial seitlich weitertransportiert und auf einen Schwad ablegt. Der Österreicher, Dipl.-Ing. Thomas Reiter, hat eine Pickup-Schwadtechnologie entwickelt, welche sich von anderen Vergleichsprodukten durch einen deutlich geringeren Pickup-Durchmesser und einen darüberliegenden Förderrotor unterscheidet.

In mehreren exakten Feldversuchen sollte geklärt werden, ob sich der Pickup-Schwader Prototyp aus Österreich (Abbildung 2) in punkto Flächenleistung und Futtermaterialverschmutzung gegenüber einem konventionellen Zweikreisel-Mittelschwader (Abbildung 1) behaupten kann.



Abbildung 1: Mittelschwader (Kontrolle)



Abbildung 2: Pickup-Schwader (Prototyp)

Die HBLFA Raumberg-Gumpenstein als nachgeordnete Dienststelle des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (BMLFUW) ist für die Versuchsplanung, -durchführung, die statistische Datenauswertung und die Berichterstattung verantwortlich. Es wird an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich die im nachfolgenden Versuchsbericht beschriebenen Versuchsergebnisse und die daraus getroffenen Interpretationen ausschließlich auf die im Versuch GL-900 vorgelegenen Bedingungen beziehen.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsplan

In der wissenschaftlichen Tätigkeit „Pickup-Schwader“ wurden die Auswirkungen von zwei Schwadssystemen (Zweikreisel-Mittelschwader vs. Pickup-Schwader) auf Feldverluste, Futtermverschmutzung und Arbeitsleistung an drei Faktoren: Futterkultur (Feldfutter und Luzerne), Aufwuchs (3. und 4. Aufwuchs) und TM-Gehalt (Silage und Heu) auf Praxisflächen des Milchviehbetriebes Huber (Hofname Burgstaller) in der steirischen Gemeinde Wörschach untersucht.

Der Faktor TM-Gehalt konnte nur im 3. Aufwuchs differenziert werden, weil der Betrieb Huber über keine Heubelüftungsanlage verfügte und das Risiko des Futtermverderbs im 4. Aufwuchs zu groß war (Tabelle 3). Insgesamt wurden sechs Schwader-Vergleichsversuche unter Praxisbedingungen durchgeführt.

Tabelle 3: Versuchsplan der Pickup-Schwader Feldversuche (GL-900)

Variante	Kulturart	Aufwuchs	Konservierung	Versuchsfläche
Zweikreisel-Mittelschwader	Feldfutter	3.	Silage/Heu	Betrieb Huber (Wörschach)
Pickup-Schwader		3.	Silage/Heu	
Zweikreisel-Mittelschwader	Feldfutter	4.	Silage	Betrieb Huber (Wörschach)
Pickup-Schwader		4.	Silage	
Zweikreisel-Mittelschwader	Luzerne	3.	Silage/Heu	Betrieb Huber (Wörschach)
Pickup-Schwader		3.	Silage/Heu	
Zweikreisel-Mittelschwader	Luzerne	4.	Silage	Betrieb Huber (Wörschach)
Pickup-Schwader		4.	Silage	

2.2 Ausgangsmaterial

Für die exakten Schwaderversuche wurden vom Betrieb Huber insgesamt 3 Feldfutterflächen (Lage siehe Abbildung 3) zur Verfügung gestellt, wobei die Luzernefläche 1 nur für die Silage im 3. Aufwuchs genutzt wurde.

Tabelle 4: Kennwerte der Futterbestände als Ausgangsbasis für Schwaderversuch GL-900

Kulturart	Feldfutter	Feldfutter	Feldfutter	Luzerne	Luzerne	Luzerne
	Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Aufwuchs	3. Aufw.	3. Aufw.	4. Aufw.	3. Aufw.	3. Aufw.	4. Aufw.
Projektive Deckung [%]	97	97	96	99	97	95
offener Boden [%]	3	3	4	2	4	5
Wuchshöhe [cm]	48	45	44	93	95	67
Gräser [Gewichtsprozent]	62	74	84	2	2	5
Leguminosen [Gewichtsprozent]	36	25	15	94	96	92
Kräuter [Gewichtsprozent]	2	1	1	5	3	3

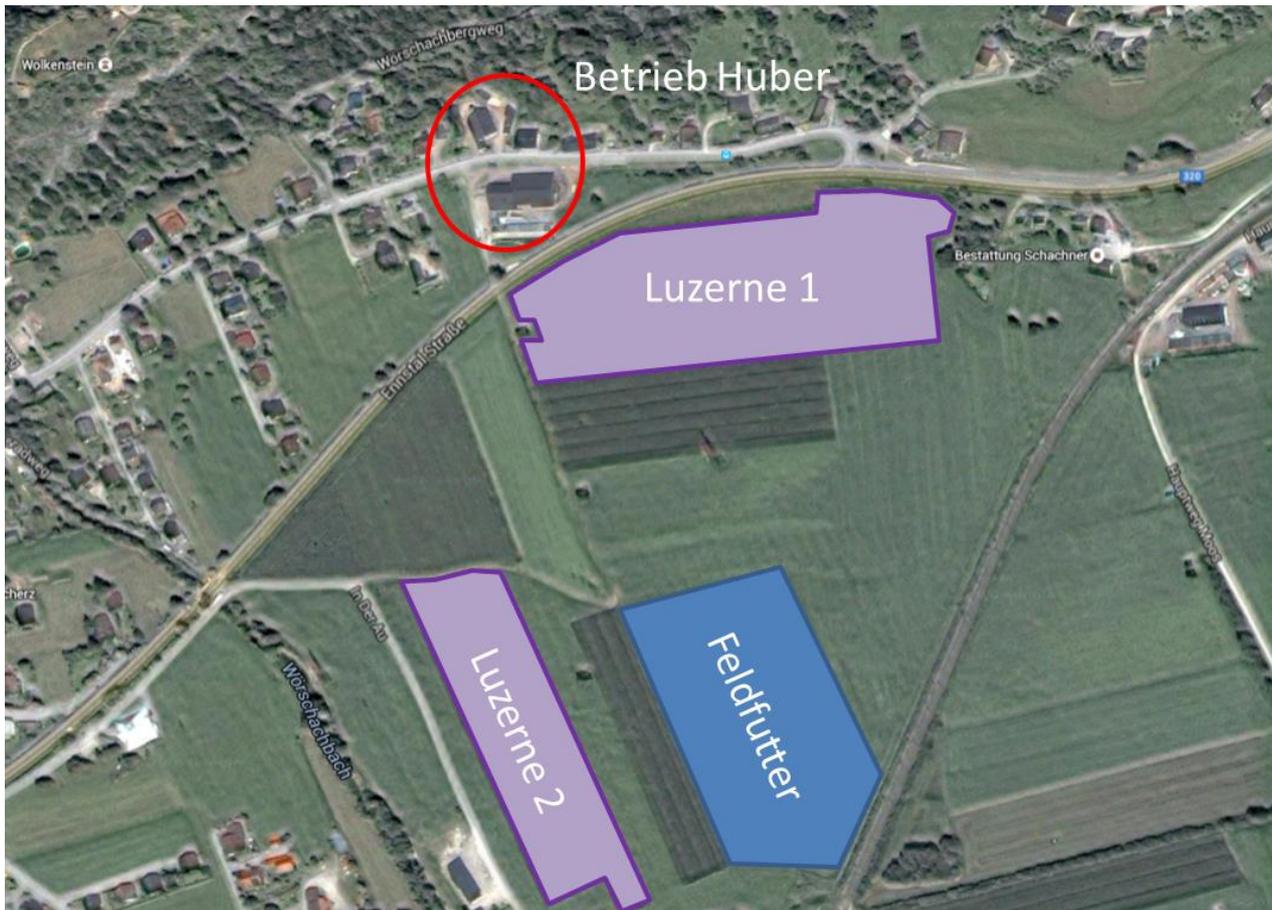


Abbildung 3: Futterflächen für Schwaderversuche GL-900 in Wörschach

<https://www.google.at/maps/place/8942+W%C3%B6rschach/@47.5534798,14.1537777,851m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x47716d72cf559da7:0xa6cee6d194b290e2>

Feldfutter und Luzerne war für die Schwaderversuche insofern eine optimale Ausgangsbasis, weil die Narbendichte solcher Pflanzenbestände deutlich geringer als bei Dauergrünland ist und daher das Risiko der Futtermittelverschmutzung höher war (Abbildung 8).



Abbildung 4: Feldfutter im 3. Aufwuchs



Abbildung 5: Luzerne im 3. Aufwuchs

Die Futterbestände wurden vor der Ernte (Tabelle 4) mittels Routinebonitur (projektive Deckung, Gewichtsprozenschätzung der Artengruppen siehe Peratoner und Pötsch (2015) und Wuchshöhe) und pflanzensoziologischer Aufnahmen auf zwei bis drei Teilstücken mit der Flächenprozenschätzung nach Schechtner (1958) erfasst (Tabelle 5). Das Feldfutter war ein Knaulgras betontes Rotklee gras im 3. Hauptnutzungsjahr mit sehr geringem Kräuteranteil (Abbildung 4). Die Luzerne war im 2. Hauptnutzungsjahr mit geringem Gräser- bzw. Kräuteranteil (Abbildung 5). Im 3. Aufwuchs lagerten ca. 10 % der Luzerne auf Fläche 1 und 20 bis 25 % auf Fläche 2. Zum Zeitpunkt der Bonitur vom 3. Aufwuchs befand sich die Luzerne im Vegetationsstadium Beginn bis Mitte Blüte bei einer Wuchshöhe von 90 bis 95 cm.

Tabelle 5: Botanische Zusammensetzung der Futterbestände für Schwaderversuch GL-900

Flächenbezeichnung	Feldfutter		Feldfutter	Luzerne		Luzerne	Deutscher Name
	Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage	
Aufwuchs	3. Aufw.	3. Aufw.	4. Aufw.	3. Aufw.	3. Aufw.	4. Aufw.	
Versuchsfläche				1	2	2	
Datum der Aufnahme	04.08.2015	04.08.2015	16.09.2015	04.08.2015	04.08.2015	16.09.2015	
Lateinischer Name							
<i>Dactylis glomerata</i>	47,5	48,0	57,3	0,5	1,0	1,7	Knaulgras
<i>Deschampsia caespitosa</i>					0,2		Drahtschmiele
<i>Festuca pratensis</i>	2,0	3,0	4,7				Wiesenschwingel
<i>Lolium perenne</i>	11,0	13,5	27,3			2,7	Englisches Raygras
<i>Lolium x boucheanum</i>	1,4	3,5	0,1	3,5	1,9	4,0	Bastardraygras
<i>Phalaris arundinacea</i>				0,2	1,0	0,1	Rohrglanzgras
<i>Poa trivialis</i>			0,4	0,2			Gemeine Rispe
<i>Phleum pratense</i>	6,5	11,0	2,3	0,2	0,3		Timothe
<i>Trisetum flavescens</i>	0,2					0,1	Goldhafer
Σ Gräser	68,5	79,0	92,2	4,5	4,3	8,5	
<i>Medicago lupulina</i>	0,2						Gelbklee
<i>Medicago sativa</i>				97,0	97,0	91,3	Luzerne
<i>Trifolium pratense</i>	33,5	23,5	14,7				Rot-Klee
<i>Trifolium repens</i>	6,0	5,5	4,3			0,1	Weißklee
<i>Vicia faba</i>	0,5		0,1				Vogelwicke
Σ Leguminosen	40,2	29,0	19,1	97,0	97,0	91,4	
<i>Achillea millefolia</i>			0,3		0,2	0,1	Schafgarbe
<i>Aegopodium podagraria</i>				0,7	0,2	0,2	Geißfuß
<i>Bellis perennis</i>				0,1			Gänseblümchen
<i>Galinsoga ciliata</i>				0,5	0,3	0,1	Franzosenkraut
<i>Glechoma hederacea</i>				0,3			Gundelrebe
<i>Heracleum spondylium</i>	0,1				0,2	0,1	Bärenklau
<i>Lamium album</i>					0,1		Weißes Taubnessel
<i>Plantago lanceolata</i>	0,3		0,6			0,1	Spitzwegerich
<i>Plantago major</i>					0,1		Breitwegerich
<i>Ranunculus acris</i>	0,2						Scharfer Hahnenfuß
<i>Rumex obtusifolius</i>	0,3	0,3	0,4	1,5	0,7	0,4	Stumpfbblatt-Ampfer
<i>Setaria viridis</i> var. <i>viridis</i>				0,7	0,2		Gew. Borstenhirse
<i>Taraxacum officinalis</i>			0,2	0,2	0,2	2,0	Gemeine Kuhblume
<i>Urtica dioica</i>				0,2	0,2	0,1	Große Brennnessel
Σ Kräuter	0,8	0,3	0,9	3,8	1,8	3,1	
Gesamtdeckung	109,5	108,3	112,2	105,3	103,1	103,0	
Σ Artenanzahl	14	7	14	14	15	15	

2.3 Ernte und Bearbeitung des Grünlandfutters

Das Futter wurde bei einer mittleren Schnitthöhe von 9 cm mit einem Knickzetter-Mähaufbereiter durch Rückfahrt gemäht (Abbildung 6). Die Mähschwadablage bedingte, dass das Futter nicht überfahren wurde. Die eingesetzten Maschinen (Tabelle 6) waren bei jedem der drei Aufwüchse die gleichen und wurden technisch von Stessel und Pöllauer (2016) umfassend beschrieben. Die Arbeitshöhe der Federzinken beider Schwadsysteme wurde auf einer ebenen Asphaltfläche gemessen und betrug beim Zweikreis-Mittelschwader im Durchschnitt 33 mm (+/- 6 mm) und beim Pickup-Schwader genau 25 mm.

Tabelle 6: Eingesetzte Gerätschaften im Schwaderversuch GL-900

Gerät	Type	Spezifikation
Traktor 1	Valtra N 103.4	82 KW + Rückfahreinrichtung
Mähwerk	ELHO Duett 7300	7,3 m Arbeitsbreite mit Aufbereiter
Zettwender	Lely LOTUS 900	9,0 m Arbeitsbreite
Zweikreis-Mittelschwader	PÖTTINGER EuroTop 620A	5,9 m Arbeitsbreite, Antrieb mit Zapfwelle
Traktor 2	Fendt 310 Vario	66 KW
Pickup-Schwader	Prototyp von RT Engineering	3,0 m Arbeitsbreite, Antrieb hydraulisch



Abbildung 6: Mähschwadablage bei Aufbereitermahd



Abb. 7: Knickeffekt des Aufbereiters



Abbildung 8: Offener Boden (links) und Schnitthöhenmessung bei Feldfutter (Mitte) bzw. Luzerne (rechts)

2.4 Ertragsfeststellung

Unmittelbar nach der Mahd erfolgte die Ertragsbestimmung durch Wiegen der Futtergrünmasse der gesamten Mähbreite auf einer Länge von 5 Meter ($7,3 \times 5 = 32,5 \text{ m}^2$). Von jeder Versuchsfläche wurden jeweils sechs Ertragshebungen zufällig verteilt durchgeführt (Abbildung

9). Vom gewogenen Futter wurde Probenmaterial für die Untersuchung von Trockenmasse und sonstiger Parameter gezogen. Nach Fertigstellung der Ertragsmessung wurde das Futter mit dem Zettwender angestreut und bis zur Erreichung des geplanten TM-Gehaltes angewelkt. Die geplanten TM-Gehalte (35 bis 40 %) wurden bei der Silagevariante in zwei Versuchen erreicht und in zwei Versuchen überschritten (Tabelle 7).



Abbildung 9: Ertragsbestimmung der Futtermasse von Feldfutter und Luzerne

2.5 Leistungsmessung (Arbeitsleistung, Kraftbedarf)

Jeder Schwader legte vor der Prüfung mindestens einen Testschwad zusammen. Der Testschwad diente zur Optimierung der Schwadereinstellungen und der Auslotung einer relativ hohen Fahrgeschwindigkeit, wo die Schwadqualität dennoch zufriedenstellend war.

Bei den Versuchsfahrten wurden die Schwadlängen und die Nettoarbeitszeiten für die Arbeitserledigung gemessen. Gleichzeitig wurden von den Versuchsfahrern die am Traktor ablesbaren Arbeitsgeschwindigkeiten abgefragt. Die Arbeitszeiten wurden bei der Ernte von Feldfutter und Luzerne beim 3. und 4. Schnitt 2015 auf ebenen Flächen erhoben (Abbildung 10). Daraus konnte für die eingesetzten Geräte die Arbeitsleistung je Stunde ermittelt werden. Die Ermittlung des Kraftbedarfs wurde nicht durchgeführt, weil die BLT Wieselburg den Kraftbedarf nur über die Zapfwelle ermitteln kann. Der Pickup-Schwader wird hydraulisch angetrieben, daher war eine Kraftbedarfsmessung nicht möglich.



Abbildung 10: Erhebung der Flächenleistung



Abbildung 11: Erhebung der Schwadform

2.6 Erhebung der Schwadform

Da sich die Schwadablage zwischen den beiden Schwadsystemen unterscheidet, wurde bei den Erhebungen die Schwadform von jeder Variante fotografisch festgehalten. Eine Rastertafel (Auflösung 10 x 10 cm) wurde zu diesem Zweck in den Schwad gestellt (Abbildung 11) und in der Folge bei flachen Winkel fotografiert.

2.7 Probeziehung am Schwad

Um Auswirkungen der Schwadersysteme auf die Futterqualität auswerten zu können, wurden von den Prüfschwaden zufällig verteilt Mischproben mit einem Stechzylinder (Durchmesser 5 cm) entnommen, bis die Probenmenge von mindestens 1.000 g Frischmasse erreicht wurde (Abbildung 12). Die frischen Proben wurden umgehend in einer Kühlbox zwischengekühlt und anschließend nach Gumpenstein zur weiteren Probenvorbereitung transportiert.



Abbildung 12: Probeziehung am Schwad



Abbildung 13: Erhebung der Rechverluste

2.8 Erhebungen zu Rech- und Bröckelverlusten

Suboptimale Recharbeit von Schwadsystemen kann gerätespezifische Ernteverluste verursachen, die auch als Rechverluste bezeichnet werden. Darüber hinaus gibt es Blattmassen, welche durch Abbröckelung verloren gehen. Diese Verluste werden als Bröckelverluste bezeichnet.



Abbildung 14: Erfassung der Bröckelverluste mit der Staubsaugermethode

Im Schwaderversuch GL-900 wurden beide Verlustarten erfasst. Dazu wurde unmittelbar neben dem Schwad ein Quadratmeterrahmen ausgelegt. Das oberflächlich liegen gebliebene Erntegut

wurde im ersten Schritt mit einem Fächerbesen aus Metall vorsichtig aufgelesen (Abbildung 13) und in einen Probensack gegeben. Diese gesammelte Futtermasse abzüglich Steine und abgestorbenen Pflanzenmaterial ergab die Rechverluste.

Die Bröckelverluste wurden im gleichen Quadratmeter mittels Staubsaugermethode (Beckhoff *et al.*, 1979) bzw. (Pöllinger, 2015) erfasst (Abbildung 14). Das gesammelte Material der Rech- und Bröckelverlustproben wurde in Gumpenstein händisch von Steinen, Erde und toter organischer Masse befreit und anschließend bei 50 °C ofengetrocknet und exakt gewogen, um die TM-Verluste berechnen zu können.

2.9 Laboranalysen

An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurden die Futterproben bei 50 °C insgesamt 48 Stunden getrocknet, das Heugewicht bestimmt und die gesamte Probemenge für die Analyse auf 1 mm Partikellänge gemahlen. Bei den Rech- u. Bröckelverlustproben wurde nach der Ofentrocknung die Restwassermenge nicht untersucht, sondern mit einer Restwassermenge von 90 g/kg Heu gerechnet. Die gemahlene Proben wurden mittels nasschemischer Standardmethoden (VDLUFA, 1976) auf Weender-Nährstoffe, Gerüstsubstanzen, HCl-unlösliche Asche sowie Mengen- und Spurenelemente im Labor Gumpenstein analysiert.

2.10 Datenerfassung, -kontrolle und -auswertung

Die Daten wurden in einer MS-Access Datenbank eingegeben und kontrolliert. Die statistische Datenauswertung erfolgte mit der Software STATGRAFICS XV.I und SPSS 22. Mit Hilfe der Varianzanalyse und dem Testverfahren Tukey-HSD wurden die Unterschiede zwischen den Schwadervarianten für die einzelnen Parameter bewertet.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Futterertrag

Das Ausgangsmaterial für die Schwaderversuche variierte im TM-Ertrag bei Feldfutter stärker als bei Luzerne (Abbildung 15). Die TM-Erträge unterschieden sich zwischen den Aufwüchsen bei Feldfutter nur zufällig und bei Luzerne hoch signifikant voneinander. Die Ertragsmessung war die Vergleichsbasis für die Größenordnung der Feldverluste (Rech- bzw. Bröckelverluste).

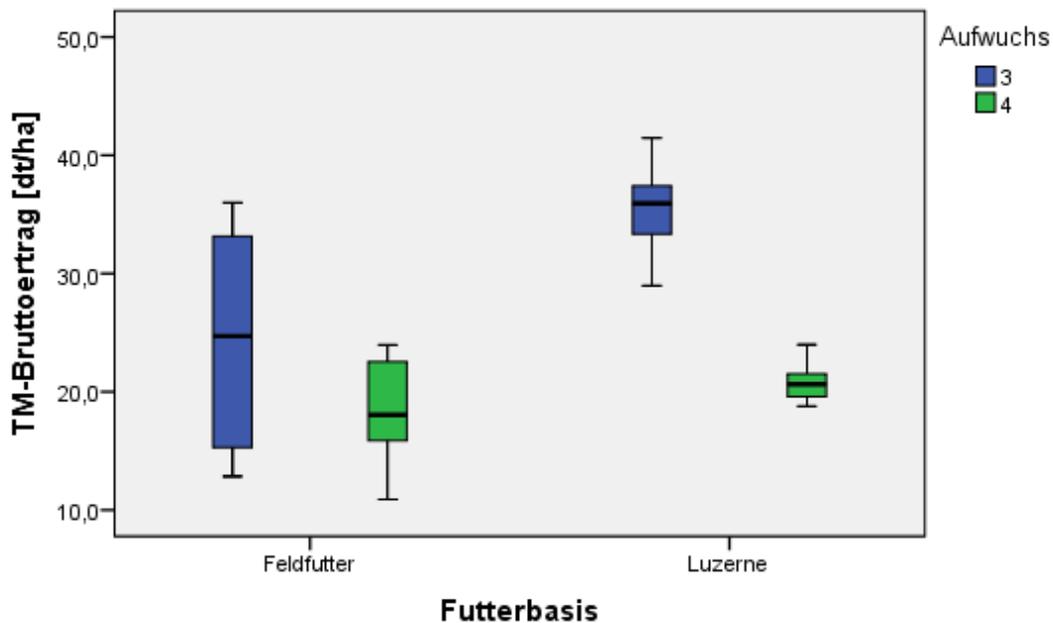


Abbildung 15: TM-Ertrag auf den Versuchsflächen im Schwaderversuch GL-900

Nach Gross und Riebe (1974) hängen die Feldverluste (Ernte- und Vorwelkverluste) weitgehend vom Ernteverfahren der Futterart, der Erntewitterung und von Anwelkgrad und -dauer ab. Mit abnehmendem Wassergehalt des Ernteguts steigen die TM-Feldverluste. In Tabelle 7 sind die Differenzen im TM-Gehalt der Futterproben vom Schwad zwischen den Schwadervarianten dargestellt. Um den Einfluss des TM-Gehaltes auf die Verluste zu berücksichtigen, wurde der TM-Gehalt als Kovariate in den weiteren statistischen Auswertungen verwendet.

Tabelle 7: TM-Gehalte im Schwaderversuch GL-900

Variante	Feldfutter		Luzerne	
	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Ausgangsmaterial	225	172	182	172
Silage Mittelschwader	489	498	414	395
Silage Pickup-Schwader	454	385	446	351
Heu Mittelschwader	547		717	
Heu Pickup-Schwader	624		755	

3.2 Feldverluste

3.2.1 Rechverluste

Die Erfassung und Auswertung von Teilaspekten der Feldverluste war eine der Aufgaben von zwei Schülern der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. In ihrer Diplommatura-Arbeit „Vergleichsuntersuchung von Zweikreisel- Mittenschwader und Pick-up Schwader auf die Parameter Futtermverschmutzung, Bröckelverluste und Rechverluste“ veröffentlichten Stessel und Pöllauer (2016) die Versuchsergebnisse auf Basis von deskriptiven Statistiken ohne varianzanalytische Auswertungen. Daher wurden in dieser Arbeit noch ergänzende ANOVA-Tests durchgeführt.

Die durchschnittlichen Rechverluste standen in starker Abhängigkeit zur Kultur- und Konservierungsart, aber auch die Aufwüchse differierten deutlich voneinander. Bei gräserreichem Feldfutter waren die Rechverluste um ein mehrfaches geringer als bei der Luzerne (Tabelle 8). Die stärkere Anwelkung bedingte für die Heuvariante eine deutliche Erhöhung der Rechverluste. Zwischen den Schwadsystemen konnte nur in einem Versuch (Feldfutter 4. Aufwuchs) ein signifikanter Unterschied zugunsten des Pickup-Schwaders festgestellt werden, welcher geringere Rechverluste aufwies. Aus den durchgeführten Versuchen ließ sich kein genereller Vor-/Nachteil für eines der getesteten Schwadsysteme ableiten.

Tabelle 8: Effekt der Schwadtechnologie auf die Rechverluste im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Heu	4. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Heu	4. Aufwuchs Silage
Konservierung							
Mittelschwader	[kg TM/ha]	22,0 ^a	46,2 ^a	100,1 ^b	97,4 ^a	326,7 ^a	284,4 ^a
Pickup-Schwader	[kg TM/ha]	22,5 ^a	27,1 ^a	58,0 ^a	139,3 ^a	310,4 ^a	442,5 ^a
Variante	p-Wert	0,954	0,079	0,020	0,150	0,765	0,246
r ²		0,1	42,6	62,5	31,2	1,6	21,6
Rechverluste relativ vom TM-Ertrag							
Mittelschwader	[%]	0,90	1,89	5,49	2,74	9,19	13,64
Pickup-Schwader	[%]	0,92	1,11	3,18	3,92	8,73	21,21
Wirtschaftlichkeit	[€]	-0,13	4,78	10,53	-10,48	4,08	-39,53
Pickup-Schwader							

Für die Praxis ist bedeutsam, dass Rechverluste einen erheblichen Verlust am Ernteertrag darstellen können. Bei der blattreichen Luzerne erreichten die Rechverluste teilweise mehr als 20 % des TM-Ertrages.

3.2.2 Bröckelverluste

Die mit der Staubsaugermethode erfassten Bröckelverluste waren bei der Luzerne deutlich höher als beim gräserreichen Feldfutter (Tabelle 9). Der Faktor Konservierung spielte beim Feldfutter

keine Rolle, bei Luzerne führte die Heukonservierung zu signifikant höheren Bröckelverlusten ($p=0,035$).

Zwischen den Schwadersystemen konnte nur im 4. Aufwuchs bei Luzerne eine signifikante Differenz in den Bröckelverlusten zugunsten der Variante Mittelschwader festgestellt werden. Im Trend schnitt der Mittelschwader günstiger ab als der Pickup-Schwader, weil der Mittelschwader in vier von sechs Einzelversuchen geringere Bröckelverluste aufwies (Tabelle 9).

Tabelle 9: Effekt der Schwadtechnologie auf die Bröckelverluste im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs Konservierung	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Heu	4. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Heu	4. Aufwuchs Silage
Mittelschwader	[kg TM/ha]	64,6 ^a	61,6 ^a	50,1 ^a	394,2 ^a	517,4 ^a	210,4 ^a
Pickup-Schwader	[kg TM/ha]	64,8 ^a	51,2 ^a	78,5 ^a	511,2 ^a	716,3 ^a	321,9 ^b
Variante	p-Wert	0,976	0,212	0,287	0,208	0,061	0,001
r ²		0,0	24,5	18,6	24,9	46,9	87,5
Bröckelverluste relativ vom TM-Ertrag							
Mittelschwader	[%]	2,64	2,52	2,75	11,09	14,55	10,10
Pickup-Schwader	[%]	2,65	2,09	4,31	14,38	20,14	15,43
Wirtschaftlichkeit Pickup-Schwader	[€]	-0,05	2,60	-7,10	-29,25	-49,73	-27,88

3.2.3 Gesamtverluste von der Mahd bis zum Schwad

Die Summe von Rech- und Bröckelverlusten ergab im vorliegenden Schwaderversuch GL-900 die gesamten Feldverluste, welche zwischen der Mahd und dem Verfahrensschritt Schwaden auftraten. Beim Feldfutter waren die Größenordnungen der Feldverluste gut mit den Literaturangaben von Gross und Riebe (1974) bzw. Dulphy (1987) vergleichbar. Die Verluste stiegen bei Luzerne im 4. Aufwuchs bis auf 36,6 % des TM-Bruttoertrages (Tabelle 10), was außergewöhnlich hoch war.

Tabelle 10: Effekt der Schwadtechnologie auf die Feldverluste im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs Konservierung	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Heu	4. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Heu	4. Aufwuchs Silage
Mittelschwader	[kg TM/ha]	86,6 ^a	107,8 ^a	150,2 ^a	491,7 ^a	844,2 ^a	494,8 ^a
Pickup-Schwader	[kg TM/ha]	87,3 ^a	78,2 ^a	136,5 ^a	650,5 ^a	1026,7 ^a	764,4 ^a
Variante	p-Wert	0,889	0,060	0,674	0,131	0,054	0,094
r ²		0,4	47,2	3,2	33,8	48,8	39,7
Feldverluste relativ vom TM-Ertrag							
Mittelschwader	[%]	3,54	4,41	8,24	13,83	23,74	23,72
Pickup-Schwader	[%]	3,57	3,20	7,49	18,29	28,87	36,64
Wirtschaftlichkeit Pickup-Schwader	[€]	-0,18	7,40	3,43	-39,70	-45,63	-67,40

Die getesteten Schwadersysteme hatten laut einfaktorieller ANOVA keinen signifikanten Einfluss auf die Feldverluste ($p > 0,05$). Im Trend lag der Pickup-Schwader bei Feldfutter teilweise leicht im Vorteil gegenüber dem Mittelschwader. In der Luzernekultur traten in jedem Einzelversuch sichtlich höhere Feldverluste beim Pickup-Schwader auf (Tabelle 10). Das Luzernefutter lag trotz der Schnitthöhe von ca. 9 cm bodennäher (Abbildung 16) als das Feldfutter, weil die Narbendichte wesentlich geringer war. Diese Situation führte im Luzernebestand bei der Pickup-Technik trotz geringerer Arbeitshöhe der Federzinken (25 mm) zu schlechteren Rechargeergebnissen und damit zu höheren Feldverlusten. Der Pickup-Schwader ließ sich im Versuch in der Arbeitshöhe nicht tiefer einstellen, weil der verfügbare Oberlenker in der Länge nicht weiter verstellt werden konnte. Im Praxiseinsatz müsste der Pickup-Schwader bei Luzerne bzw. ähnlichen Verhältnissen auf eine Arbeitshöhe der Pickup-Federzinken von 10-15 mm eingestellt werden, um die Rech- und Bröckelverluste zu minimieren.



Abbildung 16: Einsatz Pickup-Schwader im 4. Aufwuchs – links Feldfutter, rechts Luzerne

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Pickup-Schwader in den Exaktversuchen hinsichtlich Feldverluste bei guter Narbendichte (Feldfutterbestand) etwas bessere Resultate erzielte als der Zweikreisel-Mittelschwader, hingegen wurde bei schlechter Narbendichte (Luzernebestand) deutlich mehr Futter liegen gelassen als bei der Kontrollvariante (Abbildung 16 rechts). Der Ertragsverlust bei Variante Pickup-Schwader würde bei Luzerne zu einem wirtschaftlichen Defizit von 39,70 bis 67,40 €/ha in einem Aufwuchs führen, wenn 0,25 €/kg TM Futterkosten angenommen werden.

3.3 Inhaltsstoffe

3.3.1 Rohprotein (XP)

Nach Van Soest (1994) besteht ein stark negativer Zusammenhang zwischen Stängelanteil und Gehalt an Rohprotein. Daher können negative Abweichungen im XP-Gehalt durchaus mit höheren Stängelanteilen bzw. Blattverlusten bei der Futterernte in Verbindung gebracht werden. Im Schwaderversuch konnten zwar XP-Differenzen zwischen den Schwadervarianten beobachtet werden (Tabelle 11), die Unterschiede waren jedoch nicht statistisch absicherbar. In drei

Versuchen waren die XP-Gehalte indifferent, der Feldfuttermittelschwader im 4. Aufwuchs verlief zugunsten des Pickup-Schwaders und die zwei Luzerneversuche im 3. Aufwuchs zugunsten des Mittelschwaders. Einen Effekt rief die Anwelkung auf höhere TM-Gehalte hervor. Sowohl beim Feldfutter, als auch bei Luzerne fiel die Heukonservierung um ca. 8 g XP/kg TM gegenüber der Silagekonservierung im XP-Gehalt ab.

Tabelle 11: Effekt der Schwadtechnologie auf den Proteingehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[g XP/kg TM]	172,0	172,0	184,3	195,7	195,7	220,4
Mittelschwader	[g XP/kg TM]	164,3 ^a	156,0 ^a	178,7 ^a	195,1 ^a	186,4 ^a	204,8 ^a
Pickup-Schwader	[g XP/kg TM]	164,7 ^a	159,4 ^a	199,3 ^a	180,9 ^a	172,1 ^a	209,8 ^a
Variante	p-Wert	0,902	0,337	0,115	0,512	0,078	0,273
TM		0,054	0,390	0,223	0,246	0,070	0,552
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g XP/kg TM]	-0,64	-0,35	1,12	-5,23	2,80	0,44
r ²		77,9	30,5	65,1	67,6	74,1	41,9

In den Schwadervarianten konnten die jeweils geringeren Proteingehalte im 3. Aufwuchs durch höhere Feldverluste entsprechend schlüssig erklärt werden. Bei Luzerne stimmte dieser Schluss im 4. Aufwuchs nicht, weil hier die höheren Feldverluste beim Pickup-Schwader zu höheren XP-Gehalten führten.

3.3.2 Neutrale Detergentien Faser (NDF)

Tabelle 12: Effekt der Schwadtechnologie auf den NDF-Gehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[g NDF/kg TM]	545,3	545,3	479,1	459,3	459,3	391,6
Mittelschwader	[g NDF/kg TM]	531,6 ^a	578,8 ^a	501,2 ^a	446,0 ^a	446,5 ^a	413,9 ^a
Pickup-Schwader	[g NDF/kg TM]	526,8 ^a	518,7 ^a	488,3 ^a	474,1 ^a	501,4 ^a	402,1 ^a
Variante	p-Wert	0,548	0,139	0,050	0,333	0,168	0,521
TM		0,049	0,308	0,021	0,260	0,268	0,373
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g NDF/kg TM]	1,75	4,42	-1,42	6,46	-7,66	-3,06
r ²		81,1	69,2	88,2	73,5	52,4	27,1

Im Fall von Blattverlusten erhöht sich der Stängelanteil und damit der Gehalt an Zellwandbestandteilen. Die Summe an Zellwandbestandteilen wird durch den Parameter NDF ausgedrückt. Im Schwaderversuch GL-900 konnte beobachtet werden, dass zwischen den Varianten keine signifikanten NDF-Differenzen auftraten (Tabelle 12). In den Einzelversuchen

traten höhere XP-Gehalte in jedem Fall gemeinsam mit geringeren NDF-Gehalten auf und umgekehrt. Die Aussagen hinsichtlich Einfluss der Schwadssysteme auf Blattverluste konnten somit über den Parameter NDF bestätigt werden.

3.4 Futtermverschmutzung

Die Verschmutzung von Futter mit Erde ist nach Resch *et al.* (2014) in der österreichischen Praxis verbreitet und trägt zur Verdrängung wertvoller Nährstoffe und zur Erhöhung des Risikos für eine Buttersäuregärung in der Silage (Resch, 2015) bei. Indikatoren für die Futtermverschmutzung sind die chemischen Parameter Rohasche (XA), Salzsäure unlösliche Asche (Sand) und nach Resch *et al.* (2013) auch das Element Eisen (Fe).

3.4.1 Rohasche

Erde enthält einen hohen Anteil an mineralischen Bestandteilen, die sich in einem hohen Aschegehalt zeigen. Das ist auch der Grund, weshalb der Rohaschegehalt als Indikator für Futtermverschmutzung gerne herangezogen wird. Nach Resch *et al.* (2014) ist der vielfach verwendete Rohasche-Orientierungswert von < 100 g/kg TM für verschmutzungsfreies Futter nur ein grober Richtwert, weil der Aschegehalt im Futter signifikant von Pflanzenart, Aufwuchs und Vegetationsstadium abhängt.

Tabelle 13: Effekt der Schwadtechnologie auf den Rohaschegehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[g XA/kg TM]	104,5	104,5	98,7	107,5	107,5	115,7
Mittelschwader	[g XA/kg TM]	104,7 ^b	103,7 ^a	104,0 ^a	105,7 ^a	102,1 ^a	104,2 ^a
Pickup-Schwader	[g XA/kg TM]	97,4 ^a	98,8 ^a	98,0 ^a	97,4 ^a	87,8 ^a	106,5 ^a
Variante	p-Wert	0,013	0,286	0,060	0,167	0,114	0,656
TM		0,369	0,929	0,012	0,261	0,322	0,648
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g XA/kg TM]	-0,11	-0,04	-0,86	-1,21	1,43	-0,41
r ²		90,6	81,70	93,6	81,4	63,1	43,2

Die XA-Gehalte variierten im Schwaderversuch GL-900 bei Feldfutter von 93 bis 109 und bei Luzerne von 86 bis 119 g XA/kg TM. In den Schwaderversuchen konnte bei Feldfutter-Silage im 3. Aufwuchs eine signifikante Rohaschedifferenz zugunsten des Pickup-Schwader festgestellt werden (Tabelle 13). Der Pickup-Schwader war im XA-Gehalt in fünf von sechs Versuchen leicht im Vorteil, in einem Versuch (Luzerne-Silage 4. Aufwuchs) war der XA-Gehalt bei Variante Pickup-Schwader höher als beim Mittelschwader. Hinter einem geringeren XA-Gehalt könnten auch Blattverluste stecken, weil in den Blätter mehr Mineralstoffe und mehr Protein enthalten sind als in den Stängeln. Die Heukonservierung führte im 3. Aufwuchs bei Luzerne zu einer Reduktion der XA-Gehalte im Erntegut.

3.4.2 Salzsäure unlösliche Asche (Sand)

Der Sandanteil in Futtermitteln gilt als Indikator für Futtermittelverschmutzung mit Erde, weil Pflanzen nur einen geringen Anteil an silikatischen Verbindungen enthalten. Die VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) gibt in der Futtermittelbefundung einen Richtwert von < 20 g Sand/kg TM für verschmutzungsfreies Futter an.

Tabelle 14: Effekt der Schwadtechnologie auf den Sandgehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Heu	4. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Heu	4. Aufwuchs Silage
Ausgangsmaterial	[g Sand/kg TM]	15,5	15,5	11,8	6,6	6,6	8,4
Mittelschwader	[g Sand/kg TM]	18,5 ^b	19,1 ^b	16,7 ^b	5,0 ^a	5,1 ^b	4,4 ^a
Pickup-Schwader	[g Sand/kg TM]	13,7 ^a	12,7 ^a	11,7 ^a	2,1 ^a	1,7 ^a	3,9 ^a
Variante	p-Wert	0,006	0,012	0,038	0,152	0,022	0,508
TM		0,604	0,057	0,016	0,254	0,150	0,260
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g Sand/kg TM]	0,03	0,42	-0,54	-0,40	0,28	-0,17
r ²		94,9	95,4	90,0	82,6	87,9	42,4

Zwischen Feldfutter und Luzerne gab es große Differenzen im Sandgehalt (Tabelle 14), wobei das gräserreiche Feldfutter mehr als 10 g Sand/kg TM und Luzerne deutlich weniger Sand enthielt. Der Effekt der Kulturart auf den Sandgehalt zeigt, dass der VDLUFA-Richtwert nicht für jede Kulturart treffsicher interpretiert werden kann. Für die Praxis wäre festzuhalten, dass die niedrigen Sandgehalte im Schwaderversuch GL-900 keine Futtermittelverschmutzung darstellten.

Aus der Varianzanalyse ging hervor, dass das mit dem Pickup-Schwader bearbeitete Feldfutter signifikant weniger Sand enthielt als das Mittelschwader-Feldfutter. Bei Luzerne waren die Sandgehalte der Variante Pickup-Schwader in den drei Einzelversuchen niedriger als beim Mittelschwader, allerdings konnte die Differenz nur bei der Heukonservierung im 3. Aufwuchs als signifikant ($p < 0,05$) ausgewiesen werden.

3.4.3 Eisen (Fe)

Im Grünlandfutter ist der Eisengehalt ebenfalls ein Indikator für erdige Futtermittelverschmutzung, weil in den meisten Böden das Element Eisen enthalten ist und sich eine Erdkontamination durch erhöhte Fe-Gehalte im Futter bemerkbar macht. Nach (Resch *et al.*, 2013) bedeuten Fe-Gehalte unter 400 mg/kg TM mit hoher Wahrscheinlichkeit minimale Erdanteile. Im Schwaderversuch GL-900 lag der höchste Fe-Gehalt bei 492 mg/kg TM, daher war die Erdverschmutzung in den sechs Versuchen wahrscheinlich nur sehr gering.

Im Feldfutter wurden in allen drei Einzelversuchen höhere Fe-Gehalte bei der Variante Mittelschwader als beim Pickup-Schwader gemessen, in einem Fall war die Fe-Differenz signifikant (Tabelle 15). In der Luzerne hatte die Variante Pickup-Schwader bei Silage im 3. Aufwuchs signifikant höhere Fe-Gehalte, bei Heu wiederum signifikant niedrigere Fe-Gehalte.

In punkto Futtermittelschmutzung kann zusammenfassend festgehalten werden, dass im Schwaderversuch GL-900 nur eine geringfügige Belastung mit Erde gefunden wurde. Die getesteten Schwadsysteme hatten teilweise einen signifikanten Einfluss auf Verschmutzungsindikatoren wie Rohasche-, Sand- und Eisengehalt.

Im Feldfutter konnte der Pickup-Schwader in den drei Einzelversuchen und drei Indikatoren mit geringeren Gehaltswerten eine positive Wirkung aufzeigen. Bei Luzerne waren Vor- bzw. Nachteile der Schwadsysteme in punkto Futtermittelschmutzung ausgewogen.

Tabelle 15: Effekt der Schwadtechnologie auf den Eisengehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Heu	4. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Silage	3. Aufwuchs Heu	4. Aufwuchs Silage
Ausgangsmaterial	[mg Fe/kg TM]	176	176	325	172	172	336
Mittelschwader	[mg Fe/kg TM]	267 ^b	308 ^a	380 ^a	126 ^a	279 ^b	261 ^a
Pickup-Schwader	[mg Fe/kg TM]	153 ^a	196 ^a	251 ^a	210 ^b	97 ^a	273 ^a
Variante	p-Wert	0,032	0,594	0,113	0,025	0,048	0,858
TM		0,547	0,652	0,044	0,915	0,145	0,814
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[mg Fe/kg TM]	-1,6	11,3	-15,3	-0,4	20,6	-2,6
r ²		82,8	11	82,0	90,1	78	13,5

3.5 Schwadform

Die fotografische Dokumentation der Schwadform zeigte, dass die Schwadhöhen je nach Futtermasse zwischen 25 und 45 cm variierten. Im Durchschnitt ergab die Bildauswertung keine Unterschiede in der Schwadform zwischen den Schwadsystemen. Die Schwaden des Zweikreiselmittelschwaders schauten insbesondere bei der Luzerne etwas homogener geformt aus als beim Pickup-Schwader. Bei der Ziehung der Schwadproben wurde die Schwadmasse von links und rechts zusammengeschoben. Dabei entstand der subjektive Eindruck, dass die Schwaden mit dem Pickup-System etwas lockerer lagen und sich leichter bewegen ließen. Die Schwaden vom Zweikreiselschwader waren etwas kompakter.

3.6 Arbeitsleistung und Gesamtkosten für die Schwadarbeit

Aus den gemessenen Nettoarbeitszeiten und Schwadlängen konnten für die eingesetzten Schwadsysteme die Arbeitsleistungen je Hektar ermittelt werden (Tabelle 16). Die durchschnittliche Arbeitsgeschwindigkeit war beim Pickup-Schwader mit 14 km/h wesentlich höher als beim Zweikreiselmittelschwader, welcher die Schwadarbeit mit durchschnittlich 8 km/h durchführte.

Es ergaben sich für den Pickup-Schwader trotz geringerer Arbeitsbreite um 0,6 Hektar pro Stunde höhere Netto-Arbeitsleistungen. Die Berücksichtigung der Nebenzeiten für das Wenden und die An- bzw. Abfahrt in der Größenordnung von 40 % (ÖKL Richtwerte 2016) für beide

Schwadsysteme ergab, dass der Pickup-Schwader eine um 0,83 Hektar pro Stunde höhere Arbeitsleistung erbrachte (Tabelle 16).

Für einen betriebswirtschaftlichen Vergleich wurden in Tabelle 17 jeweils 100 Einsatzstunden angenommen. Aufgrund der günstigeren Feldarbeitszeiten für den Pickup-Schwader ergaben sich trotz höherer Anschaffungskosten etwas günstigere Gesamtkosten je Hektar von € 10,80 im Vergleich zu € 13,50 für den Zweikreisel-Mittelschwader.

Tabelle 16: Effekt der Schwadtechnologie auf die Arbeitsleistung im Schwaderversuch GL-900

Parameter/ Schwadsystem	Arbeitsbreite ¹⁾	Fahrge- schwindigkeit ²⁾	Netto-Arbeitsleistung		Feld-Arbeitszeit ³⁾	
			h/ha	ha/h	h/ha	ha/h
Einheiten	m	km/h	h/ha	ha/h	h/ha	ha/h
Zweikreisel-Mittelschwader	5,30	8	0,24	4,17	0,4	2,50
Pickup-Schwader	3,35	14	0,21	4,76	0,3	3,33

1) von Schwadmitte zu Schwadmitte

2) ermittelt aus den Fahrerangaben und den gemessenen Zeiten (Schwadlänge und Fahrzeit in Sekunden)

3) ÖKL Richtwert 2016 für Mittelschwader und daraus errechneter Wert für den Pickup-Schwader ergab 40 % für Nebenzeiten

Tabelle 17: Betriebswirtschaftlicher Vergleich Zweikreisel-Mittelschwader vs. Pickup-Schwader

Schwadsystem/Parameter	Neuwert	Einsatzstunden	Fixkosten	Gesamtkosten
Einheit	€ (exkl. UST)	h/Jahr	%	€/ha
Zweikreisel-Mittelschwader	18.700,-	100	14	13,5
Pickup-Schwader	20.000,-	100	14	10,8

Die Arbeitsleistung eines drei Meter breiten Pickup-Schwaders ließ sich im Schwaderversuch GL-900 durchaus mit der Arbeitsleistung eines Zweikreisel-Mittelschwaders mit 5,9 m Arbeitsbreite vergleichen. Rechnerisch ermöglicht die höhere Arbeitsgeschwindigkeit des Pickup-Schwaders, dass 100 Hektar ebene Fläche in 30 Stunden geschwadet werden können. Die Zeitersparnis gegenüber dem Mittelschwader, der rechnerisch für 100 Hektar 40 Stunden benötigt, beträgt 10 Stunden. Für das System Pickup-Schwader kann unter den vorliegenden Bedingungen für 100 Hektar bearbeitete Futterfläche mit einer Kostenreduktion von 270,- € (Kosten für 100 ha: Mittelschwader = € 1.350,-; Pickup-Schwader € 1.080,-) gegenüber dem Zweikreisel-Mittelschwader kalkuliert werden.

4. Literatur

- Beckhoff, J.; Dervedde, W.; Honig, H. und Schurig, M. (1979): Einfluss neuer Mähaufbereiter auf Trocknung und Feldverluste bei der Gewinnung von Anwelksilage und Heu. *Das wirtschaftseigene Futter* **25** (1), 5-19.
- Dulphy, J.P. (1987): Fenaison: pertes en cours de recolte et de conservation. 16. Journées du Grenier de Theix. Les fourrages secs: recolte, traitement, utilisation, Ceyrat (France), Institut National de la Recherche Agronomique, 21.-23. May 1985, 103-124.
- Gross, F. und Riebe, K. (1974): Gärfutter - Betriebswirtschaft, Erzeugung, Verfütterung, *Verlag Eugen Ulmer*, Stuttgart, 283 S.
- Peratoner, G. und Pötsch, E.M. (2015): Erhebungsmethoden des Pflanzenbestandes im Grünland. 20. Alpenländisches Expertenforum zum Thema "Bedeutung und Funktionen des Pflanzenbestandes im Grünland", Gumpenstein, 1.-2. Oktober 2015, 15-22.
- Pöllinger, A. (2015): Technische Kennzahlen zu verschiedenen Heutrocknungsmethoden. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung zum Thema "Milchmarkt und Züchtung, Konservierungsverfahren Heu, Rindermast und Fleischqualität, Milchviehfütterung, Tierische Produktion und Klima", Raumberg, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 25. und 26. März 2015, 41-48.
- Resch, R. (2015): Herausforderungen der Gärfutterproduktion im Hinblick auf erdige Futterschmutzung. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung zum Thema "Milchmarkt und Züchtung, Konservierungsverfahren Heu, Rindermast und Fleischqualität, Milchviehfütterung, Tierische Produktion und Klima", Raumberg, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 25. und 26. März 2015, 127-138.
- Resch, R.; Wiedner, G.; Buchgraber, K.; Kaufmann, J. und Pötsch, E.M. (2013): Bedeutung des Eisengehaltes als Indikator für die Futterschmutzung von Grünlandfuttermitteln. ALVA-Tagung 2013 zum Thema "Pflanzenschutz als Beitrag zur Ernährungssicherung", LFZ für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (ALVA), 23. und 24. Mai 2013, 87-89.
- Resch, R.; Frank, P.; Stögmüller, G.; Tiefenthaller, F.; Peratoner, G.; Adler, A.; Gasteiner, J. und Pötsch, E.M. (2014): Futterschmutzung mit Erde - Ursachen, Erkennung und Auswirkungen. *Landwirt ÖAG-Sonderbeilage* 5/2014, 1-16.
- Schechtner, G. (1958): Grünlandsoziologische Bestandsaufnahme mittels Flächenprozentenschätzung. *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau* Band 105 (Heft 1), *Verlag Paul Parey*, Berlin und Hamburg, 33-43.
- Stessel, C. und Pöllauer, M. (2016): Vergleichsuntersuchung von Zweikreisel- Mittenschwader und Pickup Schwader auf die Parameter Futterschmutzung, Bröckelverluste und Rechverluste. Diplomatura, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding, 58 S.
- Van Soest, P.J. (1994): Nutritional ecology of the ruminant, 2nd Edition, *Cornell University Press*, Ithaca und London, 476 S.
- VDLUFA (1976): Methodenbuch Band III - Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, *VDLUFA-Verlag*, Darmstadt.

5. Anhang

Inhaltsstoffe – weitere Parameter

Tabelle 18: Effekt der Schwadtechnologie auf den ADF-Gehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[g ADF/kg TM]	346,7	346,7	328,9	359,6	359,6	292,1
Mittelschwader	[g ADF/kg TM]	316,4 ^a	336,4 ^a	290,3 ^a	391,0 ^a	390,4 ^a	330,2 ^a
Pickup-Schwader	[g ADF/kg TM]	330,3 ^a	315,6 ^a	272,7 ^a	417,3 ^a	440,3 ^a	318,9 ^a
Variante	p-Wert	0,252	0,443	0,180	0,369	0,213	0,433
TM		0,751	0,306	0,090	0,278	0,442	0,287
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g ADF/kg TM]	0,26	3,49	-1,96	6,29	-5,19	-2,92
r ²		40,1	39,8	70,0	70,8	46,3	36,2

Tabelle 19: Effekt der Schwadtechnologie auf den ADL-Gehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[g ADL/kg TM]	39,9	39,9	51,3	62,9	62,9	49,3
Mittelschwader	[g ADL/kg TM]	35,2 ^a	33,7 ^a	31,0 ^a	77,2 ^a	76,0 ^a	74,7 ^a
Pickup-Schwader	[g ADL/kg TM]	37,3 ^a	38,7 ^a	35,7 ^a	88,2 ^a	85,0 ^a	63,7 ^a
Variante	p-Wert	0,716	0,655	0,362	0,259	0,157	0,362
TM		0,802	0,706	0,530	0,463	0,150	0,416
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g ADL/kg TM]	-0,11	-0,50	0,24	1,26	-1,71	-1,77
r ²		9,6	7,9	31,9	68,3	58,7	28,2

Tabelle 20: Effekt der Schwadtechnologie auf den XF-Gehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[g XF/kg TM]	284,2	284,2	281,6	295,3	295,3	232,9
Mittelschwader	[g XF/kg TM]	275,7 ^a	276,9 ^a	259,8 ^a	331,3 ^a	310,4 ^a	287,7 ^a
Pickup-Schwader	[g XF/kg TM]	276,5 ^a	283,8 ^a	237,2 ^a	339,5 ^a	366,9 ^a	270,3 ^a
Variante	p-Wert	0,284	0,437	0,058	0,685	0,095	0,131
TM		0,212	0,298	0,050	0,098	0,204	0,074
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g XF/kg TM]	0,08	-1,16	-1,88	8,31	-7,06	-4,10
r ²		52,5	41,0	77,3	79,2	66,0	70,8

Mineralstoffe – Mengenelemente

Tabelle 21: Effekt der Schwadtechnologie auf den Calciumgehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[g Ca/kg TM]	10,2	10,2	11,1	13,8	13,8	17,4
Mittelschwader	[g Ca/kg TM]	10,9 ^a	7,5 ^a	9,5 ^a	9,3 ^a	15,3 ^a	16,9 ^a
Pickup-Schwader	[g Ca/kg TM]	10,7 ^a	13,9 ^a	7,8 ^a	15,2 ^b	12,3 ^a	17,8 ^a
Variante	p-Wert	0,735	0,303	0,087	0,036	0,132	0,196
TM		0,048	0,596	0,125	0,967	0,176	0,601
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g Ca/kg TM]	-0,16	-3,69	-0,12	0,01	0,47	0,06
r ²		78,2	55,1	67,9	87,8	59,7	57,6

Tabelle 22: Effekt der Schwadtechnologie auf den Phosphorgehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[g P/kg TM]	5,2	5,2	4,0	3,7	3,7	3,9
Mittelschwader	[g P/kg TM]	5,5 ^b	4,6 ^a	4,4 ^a	5,2 ^b	3,4 ^a	3,4 ^a
Pickup-Schwader	[g P/kg TM]	4,3 ^a	3,7 ^a	4,5 ^a	4,4 ^a	3,1 ^a	3,3 ^a
Variante	p-Wert	0,002	0,465	0,804	0,039	0,106	0,187
TM		0,069	0,701	0,516	0,925	0,161	0,284
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g P/kg TM]	0,02	0,05	0,00	0,00	0,04	-0,02
r ²		98,0	34,1	28,1	87,3	64,1	49,3

Tabelle 23: Effekt der Schwadtechnologie auf den Magnesiumgehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[g Mg/kg TM]	3,2	3,2	2,6	2,0	2,0	2,6
Mittelschwader	[g Mg/kg TM]	3,3 ^a	3,1 ^a	2,8 ^b	3,0 ^a	2,1 ^a	2,1 ^a
Pickup-Schwader	[g Mg/kg TM]	3,2 ^a	2,1 ^a	2,5 ^a	2,7 ^a	1,8 ^a	2,4 ^b
Variante	p-Wert	0,426	0,353	0,017	0,295	0,086	0,007
TM		0,067	0,597	0,010	0,956	0,054	0,057
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g Mg/kg TM]	-0,02	0,07	0,00	0,00	0,06	0,02
r ²		72,7	45,0	91,9	44,5	76,6	95,1

Tabelle 24: Effekt der Schwadtechnologie auf den Kaliumgehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[g K/kg TM]	24,7	24,7	25,4	27,0	27,0	24,1
Mittelschwader	[g K/kg TM]	21,9 ^a	29,5 ^b	25,9 ^a	24,7 ^a	26,3 ^a	23,1 ^a
Pickup-Schwader	[g K/kg TM]	25,3 ^b	26,8 ^a	29,1 ^a	24,8 ^a	25,1 ^a	23,5 ^a
Variante	p-Wert	0,018	0,044	0,103	0,800	0,603	0,858
TM		0,081	0,023	0,104	0,852	0,803	0,411
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g K/kg TM]	0,14	0,42	0,25	-0,03	-0,11	-0,38
r ²		89,1	87,9	65,5	2,6	29,1	51,5

Tabelle 25: Effekt der Schwadtechnologie auf den Natriumgehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[mg Na/kg TM]	757	757	1159	516	516	799
Mittelschwader	[mg Na/kg TM]	780 ^a	809 ^a	1444 ^a	688 ^a	434 ^a	519 ^a
Pickup-Schwader	[mg Na/kg TM]	813 ^a	593 ^a	963 ^a	662 ^a	402 ^a	586 ^a
Variante	p-Wert	0,690	0,450	0,089	0,748	0,518	0,200
TM		0,051	0,703	0,045	0,368	0,130	0,289
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[mg Na/kg TM]	-18,7	-12,6	-50,5	-15,2	16,9	9,5
r ²		79,7	78,9	80,0	47,5	63,9	47,2

Mineralstoffe – Spurenelemente

Tabelle 26: Effekt der Schwadtechnologie auf den Mn-Gehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[g Mn/kg TM]	32,2	32,2	29,0	27,7	27,7	31,1
Mittelschwader	[g Mn/kg TM]	37,1 ^b	36,4 ^a	34,1 ^a	30,3 ^a	23,6 ^b	23,9 ^a
Pickup-Schwader	[g Mn/kg TM]	25,1 ^a	27,3 ^a	33,4 ^a	33,9 ^a	14,8 ^a	24,1 ^a
Variante	p-Wert	0,000	0,087	0,766	0,161	0,031	0,896
TM		0,266	0,161	0,159	0,105	0,135	0,714
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g Mn/kg TM]	0,06	0,81	-0,35	-0,85	0,85	-0,11
r ²		99,4	72,4	79,0	65,1	84,1	19,0

Tabelle 27: Effekt der Schwadtechnologie auf den Zn-Gehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[g Zn/kg TM]	38,4	38,4	30,1	20,4	20,4	25,3
Mittelschwader	[g Zn/kg TM]	43,9 ^b	35,0 ^a	31,2 ^a	36,7 ^a	23,2 ^b	20,8 ^a
Pickup-Schwader	[g Zn/kg TM]	33,1 ^a	19,4 ^a	34,8 ^b	33,6 ^a	19,7 ^a	23,1 ^a
Variante	p-Wert	0,000	0,339	0,045	0,422	0,029	0,311
TM		0,108	0,593	0,033	0,353	0,033	0,698
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g Zn/kg TM]	0,10	0,10	0,31	-0,68	0,61	0,14
r ²		99,3	47,6	82,5	63,8	85,3	42,1

Tabelle 28: Effekt der Schwadtechnologie auf den Cu-Gehalt im Schwaderversuch GL-900

Aufwuchs	Einheit	Feldfutter			Luzerne		
		3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	3. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
Konservierung		Silage	Heu	Silage	Silage	Heu	Silage
Ausgangsmaterial	[g Cu/kg TM]	8,3	8,3	7,2	6,2	6,2	6
Mittelschwader	[g Cu/kg TM]	8,4 ^b	7,6 ^a	8,4 ^a	8,3 ^a	4,2 ^b	4,5 ^a
Pickup-Schwader	[g Cu/kg TM]	7,4 ^a	5,8 ^a	7,6 ^b	8,2 ^a	4,6 ^a	4,3 ^a
Variante	p-Wert	0,028	0,315	0,209	0,827	0,630	0,674
TM		0,014	0,626	0,091	0,899	0,837	0,911
TM-Gehalt Mittelwert	[g/kg FM]	471,1	585,4	441,4	430,0	736,3	373,1
Effekt bei + 10 g TM	[g Cu/kg TM]	-0,09	0,10	-0,10	-0,02	-0,03	0,01
r ²		91,9	55,6	71,5	5,8	9,9	21,4