

Trends bei der Produktion von Grassilage

Christof Löffler^{1*}

Zusammenfassung

Die Produktion hochwertiger Grassilage nimmt durch steigende betriebliche Kosten an Bedeutung zu. Damit kann ein wichtiger Beitrag zur Nutzung der begrenzten Ressourcen der eigenen Fläche geleistet werden. Daten aus dem Grundfutterreport Baden-Württemberg zeigen unter anderem, wie sich der Futterwert, der Maschineneinsatz oder auch der Einsatz von Silierzusätzen in den letzten Jahren entwickelt hat. Die meist kurzen Zeitfenster zur Ernte des ersten Aufwuchses bedeuten, dass in kurzer Zeit hohe Erntemengen eingebracht werden müssen. Um dies zu gewährleisten, muss die gesamte Erntetechnik auf hohe Schlagkraft ausgerichtet werden. Bei der Mähtechnik, aber auch beim Zetten und Kreiseln sowie beim Schwaden geht der Trend hin zu hoher Flächenleistung. Zusätzlich müssen die jeweiligen Arbeitsschritte so ausgeführt und aufeinander abgestimmt werden, dass der optimale Trockensubstanzgehalt von 30-40% eingehalten werden kann. Bei der Ernte geht der Trend hin zum Feldhäcksler mit vermehrtem Einsatz von Assistenzsystemen, die zum einen den Fahrer entlasten und zum anderen die Qualität optimieren sollen. Um bei großen Erntemengen die Qualität bei der Einlagerung im Fahrsilo zu optimieren und eine hohe Dichte zu erreichen werden zunehmend die Verfahrensschritte Verteilen und Verdichten getrennt. So werden die technischen Entwicklungstrends bei der Produktion von Grassilage durch weitere Intensivierung und Optimierung der Prozesstechnik geprägt sein.

Schlagerwörter: Silage, Entwicklungstrends, Erntetechnik,

Summary

Due to increasing operational costs the production of grass silage of top quality becomes more important. It is necessary to use the limited resources of the own land as efficient as possible. Data of the “Grundfutterreport Baden-Württemberg” (basic forage report) show amongst others, how feed value and use of machinery or silage additives have developed in the last years.

Mostly there are only short periods for harvesting the first cut, with the consequence that high quantities need to be harvested in a short time. For achieving this, the whole harvesting technique has to be aligned to high and effective performance. With regard to the mowing technology there is a trend towards high area outputs, but as well tedding and raking techniques follow that trend. Furthermore the respective work steps have to be processed and coordinated in a way, that an optimal dry substance content of 30-40% can be met. With respect to harvest technologies, the trend goes to forage harvesters with increased use of assistance systems, so that the operator is relieved on the one hand and forage quality is improved on the other hand. In order to optimize quality of high harvest volumes during storing in the clamp silo and for reaching a high density, the process steps distributing and packing are increasingly separated.

The technical development trends in producing grass silage will be characterized by further intensification and optimization of the process technology.

Keywords: Silage, trends, harvest technique

Einleitung

Die Produktion hochwertiger Grassilage ist für den Milchviehbetrieb aus ökonomischer Sicht ein zunehmend wichtiger Aspekt. Mit dem Wegfall der Milchquotenregelung 2015 wird die Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Betriebe noch stärker von der Höhe der betrieblichen Kosten abhängen. Die Kostenminimierung in der Grundfuttererzeugung und eine effizient gestaltete Futterwirtschaft (Köhler *et al.*, 2011) sind wichtige Ansatzpunkte. Dabei gilt es bei niedrigen variablen und festen Kosten bei hoher Grundfutterqualität und geringen Verlusten, das Potential der eigenen Fläche so effizient wie möglich zu nutzen (Kellner, 2014). Diese Ziele sollten der Grassilageernte zugrunde gelegt werden und sind in den feststellbaren Trends bei der Produktion so auch wieder zu erkennen. Die Entwicklungen bei der

Technik gehen zum einen zu immer höheren Flächenleistungen, das heißt mehr Hektar pro Stunde, größeren Erntemengen und exakteren Möglichkeiten in der Mengen- und Qualitätserfassung. Jedoch darf bei dieser Entwicklung die „wichtigste“ Arbeit während des Silierprozesses, nämlich die Verdichtung im Silo nicht leiden.

Material und Methoden

Ein Großteil der Daten, die in diese Zusammenstellung einfließen, stammen aus dem Grundfutterreport Baden-Württemberg. Seit 2006 wird dieser in Baden-Württemberg erstellt. In diesen Report fließen Futteranalysen ein, die hauptsächlich nach Futterwert und Gärqualität ausgewertet werden. Dabei werden auch Daten zu Grünlandintensität, Bewirtschaftungsform, Siliermittel- oder Maschineneinsatz

¹ Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW), D-88326 AULENDORF

* Dipl.-Ing. Christof LÖFFLER, christof.loeffler@lazbw.bwl.de



Tabelle 1: Ergebnisse der Aufwüchse 1 bis 3 aus dem Grundfutterreport Baden-Württemberg

Parameter	Anzahl Einheit	1. Aufwuchs						2. Aufwuchs						3. Aufwuchs					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Trockenmasse	%	36,5	33,2	32,3	37,9	34,7	32,0	39,9	37,8	37,2	41,3	41,3	37,9	39,6	37,4	38,6	38,7	41,8	35,8
Rohasche	g/kg TM	99,1	105	106	94	103	112	106	108	109	102	109	102	112	113	120	120	114	104
Rohfaser	g/kg TM	243	240	237	201	235	245	251	228	227	220	232	232	234	221	219	220	228	218
ADForg	g/kg TM	261	289	283	243	274	292	285	283	279	275	282	283	276	282	278	279	281	269
Rohprotein	g/kg TM	165	149	151	158	158	143	157	148	154	150	153	143	163	156	163	154	160	158
Restzucker	g/kg TM	72	36	36	93	49	41	58	52	50	68	61	65	54	44	38	48	52	53
NEL	MJ/kg TM	6,42	5,93	5,97	6,62	6,21	5,90	5,96	5,93	5,96	6,08	6,00	6,00	5,98	5,90	5,84	5,93	5,90	6,1

erfasst, die dann bei Auswertungen mit herangezogen werden können. So kann auch aufgezeigt werden, wo die Entwicklungen bei der Produktion von Grassilage hingehen. Da sich Baden-Württemberg in den unterschiedlichen Regionen und somit in seinen klimatischen Gegebenheiten stark unterscheidet, werden diese Daten nach so genannten landwirtschaftlichen Vergleichsgebieten ausgewertet. Baden-Württemberg ist in 21 Vergleichsgebiete eingeteilt, die jeweils vergleichbare topografische, geologische sowie klimatische Gegebenheiten aufweisen und somit eine gute Basis ergeben um Futteranalysen miteinander vergleichen zu können.

Ausgangsmaterial, Wuchsstadium und Schnittzeitpunkt

Um die betriebseigenen Ressourcen gezielt zu nutzen, gilt es den optimalen Schnittzeitpunkt für gutes Grundfutter einzuhalten. Die Entwicklungstendenz hierbei ist klar zu erkennen: Beim ersten Aufwuchs muss das Ziel sein, den Energiegehalt im Futter, bei angemessener zu ernteter Masse zu maximieren. Die Auswertung der Daten des ersten Aufwuchses (Tabelle 1) von 2008 bis 2013 zeigen, dass dies von Jahr zu Jahr witterungsbedingt mit unterschiedlichem Erfolg, funktioniert.

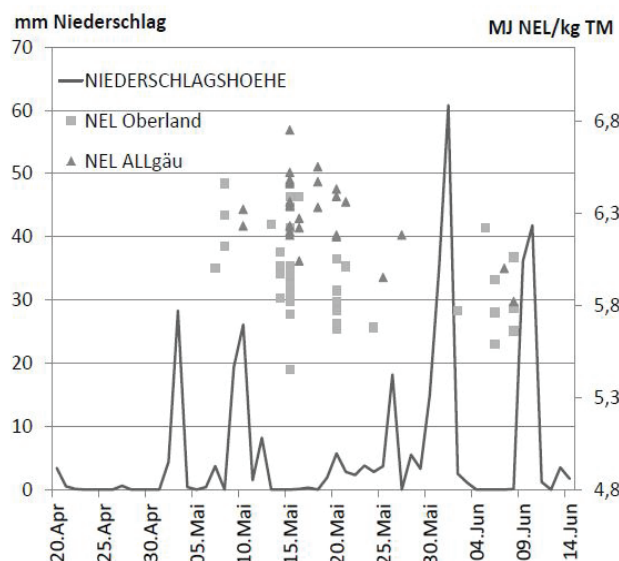


Abbildung 1: Erntezeitpunkte, Energiegehalte und Niederschläge beim ersten Aufwuchs 2013 für die landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete Allgäu und Oberland

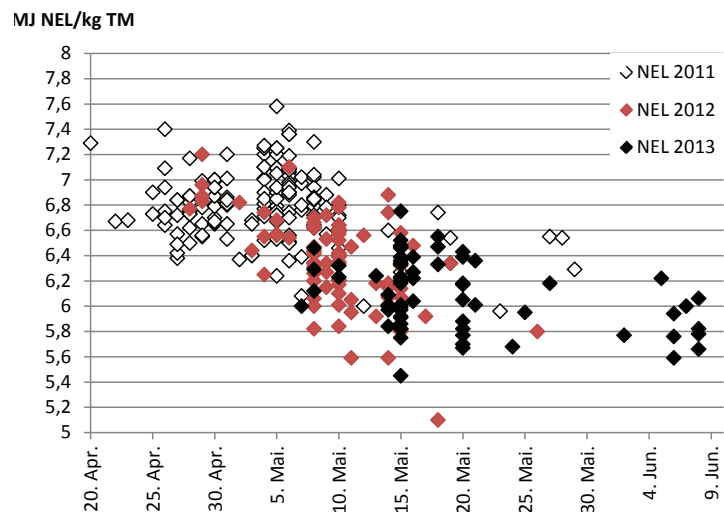


Abbildung 2: Erntezeitpunkte und Energiegehalte 2011 bis 2013 für die landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete Allgäu und Oberland

Da der Schnitttermin des ersten Aufwuchses in eine Jahreszeit mit häufig unstenen Wetterverhältnissen fällt, müssen große Mengen von Futter in vergleichsweise kurzer Zeit eingebracht und auch konserviert werden. Aus Abbildung 1 sind die Zusammenhänge zwischen Niederschlag (Deutscher Wetterdienst 2013) und Schnittzeitpunkt sowie Energiegehalt des Erntejahres 2013 abzulesen.

In den landwirtschaftlichen Vergleichsgebieten Allgäu und Oberland wird der erste Aufwuchs je nach Witterung Ende April, Anfang Mai geerntet. 2013 begann es Anfang Mai zu regnen und die Ernte konnte nur vereinzelt erfolgen. Viele Landwirte warteten so diese erste schlechte Wetterphase ab und konnten dann erst Mitte Mai ernten. Im Vergleich über die Jahre 2011 bis 2013 (Abbildung 2) wird dieser Sachverhalt noch einmal deutlich. 2011 war ein sehr trockenes Frühjahr und der erste Aufwuchs wurde sehr früh und sehr energiereich ($\bar{\sigma}$ 6,6 MJ NEL/kg TM) geerntet. 2012 waren die Witterungsverhältnisse nicht so optimal wie 2011 und der durchschnittliche Energiegehalt belief sich auf 6,2 MJ NEL/kg TM. 2013 hingegen ergab die Auswertung des ersten Aufwuchses einen durchschnittlichen Energiegehalt von 5,9 MJ NEL/kg TM. Über die Jahre 2011 bis 2013 hat sich so der Erntezeitpunkt durchschnittlich jeweils fünf Tage

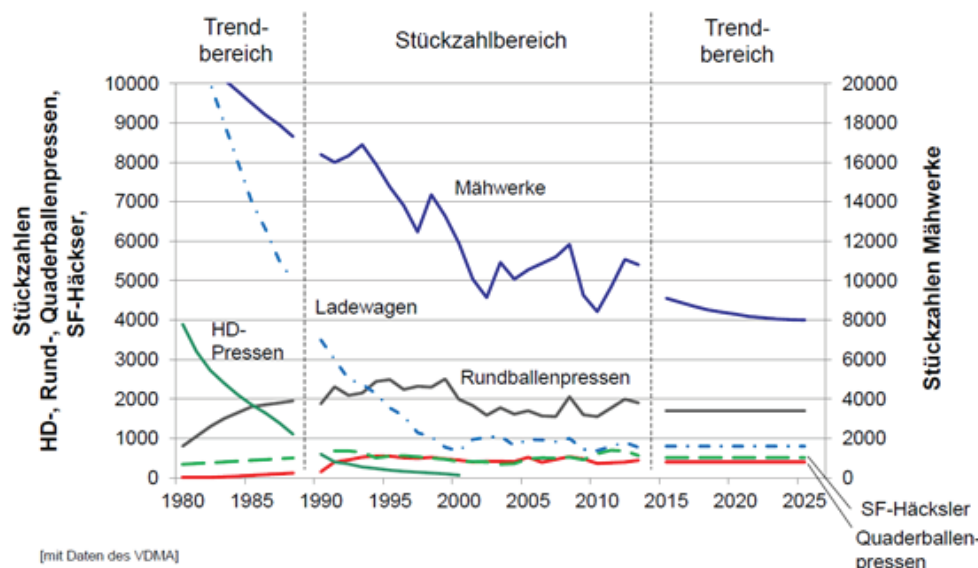


Abbildung 3: Marktentwicklungen der Halmgütererntetechnik in Deutschland (Frerichs, 2014)

nach hinten verschoben. Daraus folgt, dass besonders beim ersten Aufwuchs auch kurze Schönwetterphasen durch eine hohe Schlagkraft genutzt werden müssen. Dies ist so auch bei den Trends in der Mechanisierung bei der Grassilageproduktion zu erkennen.

Mähetechnik

Bei der Mähetechnik geht der Trend weg vom Trommelmäherwerk hin zum Scheibenmäherwerk. Durch die leichtere Bauweise können größere Arbeitsbreiten realisiert werden. Negativ wirkt sich diese Entwicklung breiterer und damit schlagkräftigerer Mähetechnik auf die Boden Anpassung aus und es kann zu erhöhtem Eintrag an Rohasche ins Erntegut führen. Daher sind Arbeitsbreiten von über 3 Meter pro Mäheinheit als kritisch zu betrachten. Um bei der Ernte schlagkräftig agieren zu können, geht auch hier der Trend hin zum überbetrieblichen Maschineneinsatz, was die Stückzahl an verkauften Mähwerken (Abbildung 3) nach Angaben von Frerichs (2014) leicht sinken lassen wird. Zusatznutzen ergeben sich beim Mähen aus der Möglichkeit Aufbereiter einzusetzen. Je nach Pflanzenmaterial mit Walzen für

	Jahr	Ø TM %	Spanne von-bis %
erster Aufwuchs	2008	36,5	19,4 - 66,6
	2009	33,2	17,2 - 66,8
	2010	32,3	17,5 - 82,7
	2011	37,9	18,7 - 75,0
	2012	34,7	18,3 - 81,8
	2013	32,0	18,7 - 66,1
zweiter Aufwuchs	2008	39,9	18,5 - 72,0
	2009	37,8	19,1 - 77,2
	2010	37,2	21,1 - 66,1
	2011	41,3	22,2 - 83,6
	2012	41,3	23,6 - 68,9
	2013	37,9	18,6 - 61,9

Tabelle 2: Trockenmassegehalte (Durchschnitt und Spanne) des ersten und zweiten Aufwuchses 2008 bis 2013 (Baden-Württemberg)

blattreiches Material oder Schlegeln bei grasreichen Aufwüchsen. Ausschlaggebend für die Entscheidung für oder wider Aufbereiter ist der zusätzliche Arbeitsaufwand für einen weiteren Arbeitsgang (DLG, 1999). Der Aufwand des Einsatzes eines Aufbereiteters spart die Zeit, die für einmal Wenden benötigt wird. Zusätzlich besteht auch bei geringem Ertrag die technische Möglichkeit das Erntegut bei der Mahd mit Schwadablage direkt abzulegen.

Zetten und Kreiseln

Um die Flächenleistung zu erhöhen, sollte beim

Zetten und Kreiseln auf keinen Fall die Leistung über die Fahrgeschwindigkeit erhöht werden, weil dann die Verteilqualität des Zettvorgangs schlechter wird. Ungleichmäßige Anwelkgrade sind die Folgen.

Daher muss, um beim Anwelken bei gleichbleibender Fahrgeschwindigkeit die Effizienz steigern zu können, die Arbeitsbreite des Kreiseltzettwenders erhöht werden. Werden die Zahlen des Grundfutterreports Baden Württemberg herangezogen (Tabelle 2), liegen die Trockenmassegehalte des ersten Aufwuchses zwischen 2008 und 2013 im Zielbereich von 30-40% Trockenmassegehalt. Wird jedoch die Bandbreite der Trockenmassegehalte mit einbezogen, sind Defizite auf einzelbetrieblicher Ebene zu erkennen. Silagen, die kaum oder nicht angewelkt sind, sollten möglichst vermieden werden, um Verluste über Gärstoff sowie über Fehlgärungen (v.a. Buttersäure) zu vermeiden. Die Arbeitsgänge Zetten und Kreiseln haben demnach weiterhin eine große Bedeutung um bei Bedarf schnell anzuwelken zu können.

Schwaden

Die hohen Trockenmassegehalte in Tabelle 2 weisen auf zu spätes Schwaden oder eine nicht ausreichende Schlagkraft bei der Bergung des Erntegutes hin. Eine lange Feldliegezeit führt zu trockenem Futter und damit zu Problemen bei der Verdichtung im Silo, was sich dann bei der Entnahme bei nicht ausreichendem Vorschub auf die Lagerstabilität (Nacherwärmung) auswirkt. Um diese Probleme zu verhindern, muss die Schlagkraft vom Mähen bis ins Silo aufeinander abgestimmt werden (Fübekker, 2014). Eine ausreichende Schlagkraft ist erreicht, wenn die letzten Führen bei der Bergung TS-Gehalte von 40% nicht wesentlich überschreiten. Trockenmassegehalte oberhalb des gewünschten Bereichs von 30-40% TS weisen also darauf hin, dass in Zukunft besonders auf eine in sich abgestimmte Erntetechnik geachtet werden sollte. Deshalb gilt es beim Schwaden, genau wie beim Einsatz des Kreiseltzettwenders flexibel zu reagieren und bei unterschiedlichen Wetterlagen diesen so einzusetzen, dass gezielt auf einen optimierten Trockenmassegehalt hingearbeitet werden kann. Bei guter

Wetterlage muss mit dem frühzeitigen Erstellen möglichst großer Schwaden der Anwelkprozess abgebremst werden. Bei schlechten Wetterbedingungen darf hingegen erst kurz vor der Bergung geschwadet werden (Fübekker, 2014). Der Trend beim Schwader geht ganz klar hin zum Mehrkreisschwader, wahlweise mit Mitten- oder Seitenablage. Zusätzlich muss dieser in seiner Leistungsdimensionierung so gewählt werden, dass die auf den Schwader folgende Bergetechnik effektiv ausgelastet wird.

Erntetechnik

Die Anzahl verkaufter Ladewagen ist seit den achziger Jahren stetig gesunken. Einerseits ist dies wohl bedingt durch einen Wechsel zum Feldhäcksler andererseits hat aber auch die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe deutlich abgenommen. Diese Tendenz kann so bis Anfang 2000 festgestellt werden. Laut *Abbildung 3* hält sich die Zahl der Ladewagen am Markt relativ konstant etwas über der Zahl verkaufter Selbstfahrhäcksler. Bei der Erntetechnik sind speziell beim Feldhäcksler in den letzten Jahren die meisten Neuerungen an den Markt gelangt. Beginnend mit den ersten selbstfahrenden Häckslern mit 120 PS Motorleistung und einer Bergeleistung nach Herstellerangaben bei Anwelksilage (25-35% TM) von 43 t FM/h. Aktuelle Häcksler verfügen über 1000 PS und haben eine theoretische Bergeleistung über 60 t TM/h. Dies entspricht in etwa der 4-fachen Bergeleistung der ersten Feldhäcksler. Natürlich hat sich ebenfalls mit der Leistungssteigerung auch die Schnittqualität verbessert. Die Ausstattung und technischen Möglichkeiten dieser Maschinen hingegen haben sich vervielfacht. Die Anforderungen an den Fahrer eines Feldhäckslers nehmen dadurch ebenfalls zu. Anforderungen sind (Grothe, 2014):

- Fahren/lenken
- Überladen auf nebenherfahrendes Fahrzeug
- Kontakt mit dem Abfahrer (visuell/Funk etc.)
- Gutfluss im Vorsatzgerät/Einzug beobachten
- Maschinenauslastung und/-einstellung optimieren
- Häckselqualität regelmäßig kontrollieren und optimieren
- Arbeitsplanung/Auftragsstatusmeldungen

Diese meist parallel verlaufenden Aufgaben machen es für den Fahrer schwierig, alle Punkte exakt zu kontrollieren. Um diese Komplexität für den Fahrer zu vereinfachen, ihn zu entlasten, Verluste zu vermeiden und die Silagequalität zu optimieren, sind zunehmend Automationsmöglichkeiten und Assistenzsysteme am Markt erhältlich.

Tabelle 3: Eingesetzte Technik zum ersten Aufwuchs 2013 (Grundfutterreport Baden-Württemberg)

		Exakthäcksler		KSL		RBS	
n		400		291		11	
TM	%	32,3	17,6 - 64,9	32,8	15,6 - 66,1	35,3	16,9 - 60,6
MJ NEL	g/kg TM	5,8	3,6 - 6,6	6,0	4,7 - 6,8	5,5	4,0 - 6,5
XA	g/kg TM	110	69 - 263	108	64 - 290	109	73 - 147
XP	g/kg TM	142	87 - 240	146	70 - 199	122	75 - 174
ADFom	g/kg TM	291	163 - 397	286	228 - 359	315	274 - 412
XZ	g/kg TM	38,5	0 - 157	45	0 - 147	53	0 - 163
n (pH-Wert)		247		140		2	
pH		4,4	3,8 - 5,5	4,5	3,8 - 6,2	4,7	4,4 - 5,0

Lenken: Die Maschine wird per GPS automatisch am vorher registrierten Schwad entlanggeführt und entlastet so den Fahrer. Über einen Mittentaster wird der Schwad optimal aufgenommen. Über die Möglichkeit des automatisierten Lenkens per Satellit kann die volle Arbeitsbreite der Maschine ausgenutzt werden.

Wagenbefüllung: Um dem Fahrer des Selbstfahrers die Befüllung der Wagen zu erleichtern und um Verluste bei der Überladung auch bei Dunkelheit zu vermeiden, sind Systeme am Markt, die ein automatisches Befüllen ermöglichen. Ein Sensor am Häckslerrohr erfasst den Erntewagen und steuert das Rohr. In der Erprobung sind Systeme, bei denen der Häcksler die Fahrgeschwindigkeit des nebenherfahrenden Traktors steuert.

Mengenerfassung: Über die Auslenkung der Vorpresswalzen direkt vor dem Häckselaggregat wird die Menge an aufgenommenem Erntegut erfasst. So kann eine Ertrags- erfassung auch auf Grünland erfolgen. Dieser Punkt macht es erst möglich, Verluste, die vom Feld bis in den Trog entstehen, zu quantifizieren und zu minimieren.

Feuchtemessung/Inhaltsstoffbestimmung: Die automatische Erfassung des Gehaltes an Trockenmasse über die elektrische Leitfähigkeit während des Häckselns ermöglicht es flexibel auf unterschiedliche Trockenmassegehalte des Ernteguts zu reagieren und zum Beispiel die Häcksellänge optimal anzupassen um nachfolgend die Verdichtungsleistungen im Silo zu optimieren. Die Feuchtemessung über die Leitfähigkeit wird mittlerweile von der NIRS (Nah-Infrarot-Spektroskopie) ergänzt und ersetzt. Hierbei wird während des Erntevorgangs die Zellfeuchte des Ernteguts mit Nah-Infrarot-Technik, mittels eines Spektrometers und einer Lichtquelle gemessen. Die von der Lichtquelle ausgehende Strahlung die auf den Gutstrom auftrifft, wird von diesem teils absorbiert und teils reflektiert. Der hierbei reflektierte Anteil wird durch ein Prismaglas in verschiedene Farben aufgeteilt, wobei für jede Farbkombination eine andere Zellfeuchte hinterlegt ist. Diese Messwerte werden dann mit erntegutspezifischen Kalibrierkurven abgeglichen und der TS-Gehalt bestimmt (DLG, 2009). Ein zusätzlich wichtiger Punkt ist die optimale Dosierung von Silierzusätzen über die Ertrags- und Trockenmassebestimmung zur weiteren Effizienzsteigerung im Ernteprozess.

Auch die Auswertung des Grundfutterreports 2013 (*Tabelle 3*) zeigt, dass der Feldhäcksler die führende Rolle in der Erntetechnik einnimmt. Von 830 ausgewerteten ersten Aufwüchsen wurde knapp die Hälfte mit dem Exakthäcks-

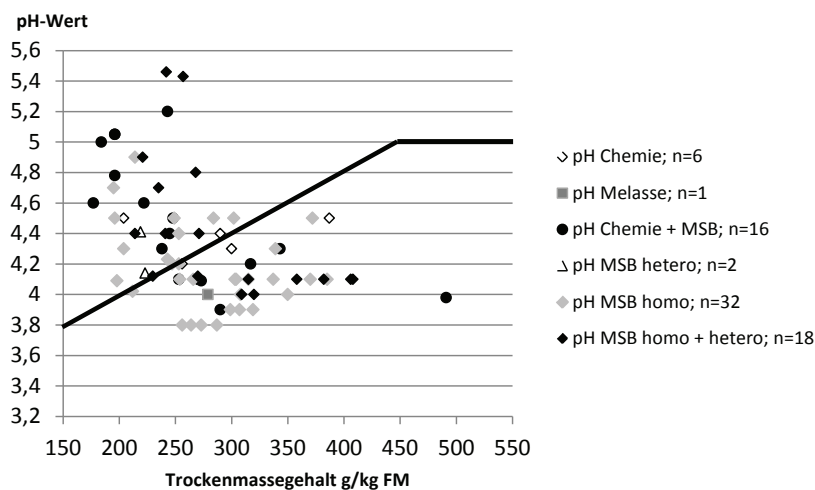


Abbildung 4: Eingesetzte Silierzusätze und Gärqualität beim ersten Aufwuchs 2013

ler geerntet. 291 der Erntearbeiten des ersten Schnittes wurden mit Kurzschnittladewagen (KSL) erledigt, 11 in Rundballensilage (RBS) konserviert und der Rest wurde mit „nicht bekannt“ angegeben. Vorteile bringt die Arbeit des Häckselns auch in der Konservierung, da mit dieser Art der Aufbereitung während der Gärung im Vergleich zum Kurzschnittladewagen eine schnellere und tiefere pH-Wert Absenkung erreicht wird.

Die Bestimmung der Qualität von Erntegut direkt am Häckler über NIRS Technik (Nah-Infrarot-Spektroskopie) wird für die Zukunft an Bedeutung zunehmen. Über die direkte Erfassung der Qualität kann der Prozess der Grundfutterbereitstellung und der Einsatz des Futters in der Fütterung weiter optimiert werden. Die zur Verfügung stehenden Werte können auch zur schlagspezifischen Bewirtschaftung (Düngung) herangezogen werden und dienen somit wiederum zur Verbesserung der Futterqualität.

Bei Maschinen, die an Zugmaschinen angehängt werden, wie zum Beispiel Ballenpressen oder Ladewagen, geht die Entwicklung in Richtung der Kommunikation der Maschinen untereinander (Traktor-Implement-Management). Hierbei wird die Fahrgeschwindigkeit des Traktors an die Auslastung der angehängten Maschine angepasst um eine effiziente Auslastung der Maschinen zu gewährleisten (Hoyningen-Huene, 2010). Die Konservierung in Rund- und Quaderballen ist eine flexible Technik, die für Betriebe mit kleinen und mittleren Erntemengen eine gute Möglichkeit der Konservierung bietet (Maack *et al.*, 2012). Aber auch die leichtere Handhabbarkeit von Siloballen macht diese Art der Konservierung in bestimmten Regionen weiterhin interessant.

Tabelle 4: Einsatz von Silierzusätzen im ersten Aufwuchs 2008 bis 2012 (Grundfutterreport Baden-Württemberg)

1. Aufwuchs	chem.	chem.	Melasse	Melasse	+MSB	MSB	MSB	MSB	MSB	nicht	ohne
	Neutralsalze	Säuren									
Anzahl											
2008	7	5	0	0	0	15	36	39	33	899	
2009	8	4	0	0	0	2	40	46	75	1445	
2010	4	7	3	0	2	12	48	33	283	784	
2011	1	3	0	1	0	6	35	40	191	623	
2012	2	3	0	0	1	0	30	41	120	596	

Silierzusätze

Die Entscheidung für einen Silierzusatz muss sich in erster Linie am gewünschten und notwendigen Effekt orientieren. Kann der gewählte Zusatz Verluste reduzieren, eine Qualitätsverbesserung herbeiführen und eine damit möglicherweise verbundene Leistungssteigerung die Mehrkosten ausgleichen bzw. übertreffen (Over *et al.*, 2012). Trifft dies zu, ist der Einsatz eines Silierzusatzes meist auch wirtschaftlich.

Abbildung 4 zeigt den in 2013 während des ersten Aufwuchses getätigten Silierzusätze während des sehr wechselhaften und feuchten Frühjahrs 2013. Ziel der Fermentation ist es, den pH-Wert in Abhängigkeit von der Trockenmasse unter den kritischen pH-Wert (dicke schwarze

Linie) abzusenken und so Verluste insbesondere durch Buttersäuregärung zu vermeiden. In 2013 waren in erster Linie Silierzusätze sinnvoll, die den Gärverlauf positiv beeinflussen. Dies wurde mit chemischen Zusätzen, Melasse und rein homofermentativen Milchsäurebakterien (MSB) auch teilweise umgesetzt. Bei Kombisilierzusätzen (Chemie+MSB) kommt es darauf an, ob die chemische Komponente auf die Verhinderung von Nacherwärmung oder auf eine Verbesserung des Gärverlaufs ausgerichtet ist. Zusätze, die homofermentative sowie heterofermentative Milchsäurebakterien in Kombination beinhalten, sollen eine Verbesserung des Gärverlaufs mit dem Effekt einer höheren aeroben Stabilität vereinen. Produkte die rein heterofermentative Milchsäurebakterien enthalten, dienen rein zur Verbesserung der aeroben Stabilität.

Der Einsatz von Silierzusätzen führte in 2013 oft nicht zum gewünschten Effekt und es liegt nahe, dass viele Zusätze falsch eingesetzt wurden. Allen Zusätzen gleich ist, dass die richtige Dosierung und die exakte Verteilung im Erntegut Voraussetzung für eine hohe Wirkungssicherheit sind. Hauptaugenmerk bei den Milchsäurebakterien muss sein, diesen genügend fermentierbare Kohlenhydrate zur Verfügung zu stellen, damit der pH-Wert sicher abgesenkt werden kann.

Abbildung 4 zeigt, dass die Beratung zum Einsatz von Silierzusätzen in Zukunft weiter intensiviert werden sollte, um falsch eingesetzte Silierzusätze, zum Beispiel durch wenig optimale Firmenberatung und fehlendes Wissen bei den Landwirten, zu minimieren. Beim Einsatz von Silierzusätzen (Tabelle 4) zeigt sich über die Jahre ein gleichbleibendes

Bild mit geringen Schwankungen über die Jahre. Der Trend beim Einsatz geht also bei den Silierzusätzen nicht hin zu einer vermehrten Nutzung dieser.

Einlagerung, Abladen - Verteilen - Verdichten

Einer der wichtigsten Aspekte der Erzeugung hochwertigen Grundfutters ist der Verfahrensschritt der Einlagerung mit den Teilaspekten Abladen, Verteilen sowie Verdichten. Diese Schritte müssen so ausgeführt werden, dass eine optimale Verdichtung im Silo erreicht wird. Zu diesen Schritten gehört die gleichmäßige Einbringung der zu verfestigenden Schicht mit einer maximalen Dicke von 20 bis 30 cm. Diese muss dann mit hohem Druck verfestigt werden. Um dies zu erreichen muss genügend Zeit sowie ein ausreichend hohes Walzgewicht zur Verfügung stehen. Der Trend im Silo geht hin zur Trennung der Verfahrensschritte verteilen und verdichten. Diese Aufgaben werden in großen Fahr-siloanlagen vermehrt von Spezialmaschinen übernommen. Hier übernimmt zum Beispiel der Pistenbully (Nußbaum *et al.*, 2012) in der Verteilarbeit eine wichtige Rolle und beim Verdichten werden zum Beispiel Vibrationswalzenzüge eingesetzt. Mit innenliegenden Schwingelementen in der Walze, die als Vorderachse dient, wurden in Versuchen hohe Verdichtungswerte für Maissilage erreicht (Lühr, 2012). Allerdings muss die Statik der Silos auf diese Vibrationen ausgelegt sein. Ansonsten kommen große Radlader oder ballastierte Traktoren mit Hundegang zum Einsatz.

Eine Möglichkeit der Qualitätskontrolle schon während des Walzens geht in die Richtung der direkten Dichtemessung während des Verdichtens (Hoffmann *et al.*, 2014). Dies geschieht durch radiometrische Messungen, die direkt am Schlepper über ein Messrad am Erntegut durchgeführt werden. Mit einer Cäsiumquelle werden Gamma-Photonen in das Siliergut eingestrahlt. Treffen diese auf Elektronen der Atome, werden die Photonen gestreut und ändern ihre Bewegungsrichtung. Ein Teil der Photonen wird so gestreut, dass sie das Siliergut wieder verlassen und auf dem Detektor wieder auftreffen. Je dichter das Siliergut ist, umso mehr Elektronen sind vorhanden und umso mehr Photonen werden zurückgeworfen und vom Detektor erfasst. So kann zukünftig schon während des Walzvorganges auf die Dichte geschlossen werden und bei mangelnder Verdichtung zusätzlich gewalzt werden.

Ausblick

Die technischen Entwicklungstrends bei der Produktion von Grassilage werden durch weitere Intensivierung und Optimierung von der Prozesstechnik geprägt sein. Die Flächenleistung, die Effizienz und auch die Arbeitsqualität sind Ansatzpunkte, die im Allgemeinen und besonders in der Grassilageproduktion an erster Stelle stehen. Aufgrund der unsteten Wetterverhältnisse zum ersten Schnitt und zunehmender Flächenausstattung, muss die Ausrichtung der Futterernte auf eine schlagkräftige und flexible Tech-

nik ausgerichtet werden und sollte selbstverständlich die Möglichkeit beinhalten, wenn nötig, auch kurzfristig gezielt einen Silierzusatz einzusetzen.

Literatur

- Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft Hrsg., 1999: Mäh- und Intensivauflbereiter - DLG Merkblatt 313.
- Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, 2009: HarvestLab-Feuchtemessung in Mais im mobilen Einsatz auf John Deere Feldhäcksler 7550i. DLG-Prüfbericht 5913F.
- Fübekker, A., 2014: Mähen, Aufbereiten, Schwaden, Stand der Technik. In: Verfahren und Technik für die Futterernte - Tagungsband der gemeinsamen Tagung der DLG e.V. und der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI e.V. 29-31.
- Frerichs, L., 2014: Grünfütterernte 2025 - Entwicklungstrends in der Halmguternte. In: Verfahren und Technik für die Futterernte - Tagungsband der gemeinsamen Tagung der DLG e.V. und der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI e.V. 81-91.
- Grothe, D., 2014: Automatisierung im Feldhäcksler - Fahrerassistenzsysteme: Von der Lenkhilfe bis zur automatischen Siliermittelsteuerung. In: Verfahren und Technik für die Futterernte - Tagungsband der gemeinsamen Tagung der DLG e.V. und der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI e.V. 41-53.
- Hoffmann, T., 2014: Futtereinlagerung im Fahr-silo - Anforderungen und Lösungen. In: Verfahren und Technik für die Futterernte - Tagungsband der gemeinsamen Tagung der DLG e.V. und der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI e.V. 57 - 66
- Hoyningen-Huene, M., Baldinger, M., 2010: Tractor-Implement-Automation and its application to a tractor-loader wagon combination. In: Proceedings of the International Conference on Machine Control and Guidance.
- Köhler, B., Spiekers, H., Diepolder, M., Thurner, S., 2011: Ertragsfassung als Voraussetzung für eine effiziente Grünlandnutzung. In: Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 12. 92-98.
- Löffler, C., 2012: Grundfutterreport Baden-Württemberg 2012. Hrsg: Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg.
- Löffler, C., 2013: Grundfutterreport Baden-Württemberg 2013. Hrsg: Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg; unveröffentlicht.
- Lühr, J., 2012: Systeme zur Maissiloerstellung: eine technische und ökonomische Analyse. Masterthesis Fachhochschule Kiel.
- Maack, C., Wyss, U., 2012: Ballensilage. In: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung - 8. Vollständig überarbeitete Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt am Main. 123-128.
- Nußbaum, H., Rubenschuh, U., 2012: Test of snow groomer „Pistenbully 300 Greentech“ for use in bunker silos at harvesting different crops. Proceedings of the XVI International Silage Conference. Hämeenlinna, Finland. 282-285.
- Nußbaum, H., 2008 bis 2011: Grundfutterreport Baden-Württemberg 2008, 2009, 2010, 2011. Hrsg: Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg.
- Over, R., Nußbaum, H., Spiekers, H., 2012: Wirtschaftlichkeit des Siliermitteleinsatzes. In: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung - 8. Vollständig überarbeitete Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt am Main. 210-220.