



Lehr- und Forschungszentrum
Landwirtschaft
www.raumberg-gumpenstein.at

19. Alpenländisches Expertenforum Raumberg-Gumpenstein 2014

Futterkonservierung - Aktuelle Entwicklungen in der Silage- und Heuproduktion

03. April 2014

Organisiert von:

Lehr- und Forschungszentrum
für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein
Beratungsabteilung des Bundesministeriums
für Land- und Forstwirtschaft
Umwelt und Wasserwirtschaft

Österreichische Arbeitsgemeinschaft
für Grünland und Futterbau (ÖAG)



www.raumberg-gumpenstein.at

Bericht

über das

19. Alpenländisches Expertenforum

zum Thema

Futterkonservierung - Aktuelle Entwicklung in der Silage- und Heuproduktion

03. April 2014

LFZ Raumberg-Gumpenstein

Organisation

Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (LFZ)

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

Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (ÖAG)



Impressum

Herausgeber

Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft
Raumberg-Gumpenstein, A-8952 IRDNING
des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

Direktion

Mag. Dr. Anton Hausleitner

Für den Inhalt verantwortlich

die Autoren

Redaktion

Univ.-Doz. Dr. Erich M. PÖTSCH
Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft

Layout und Satz

Sandra ILLMER und Brunhilde EGGER

Druck, Verlag und © 2013

Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft
Raumberg-Gumpenstein, A-8952 IRDNING

ISBN: 978-3-902849-06-9

ISSN: 1818-7722

Vorwort

Futterqualität aus dem Grünland ist wieder mehr wert! Der Titel dieser 2008 erschienenen Sonderbeilage der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau weist einmal mehr auf die starke Bedeutung des wirtschafts-eigenen Futters als Basis guter Milchleistungen und hoher Qualität der erzeugten Nahrungsmittel hin. Durch die steigenden Energie- und Futtermittelpreise rücken die betriebseigenen Ressourcen – für den Grünlandbetrieb sind dies vor allem die hofeigenen Dünger und das Grundfutter von Wiesen und Weiden - auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht zukünftig noch stärker in den Mittelpunkt. Nach wie vor entfallen rund 50% aller im Grünlandbetrieb anfallenden Kosten auf den Bereich des Grundfutters, ein Großteil davon wiederum auf die Produktion und Bereitstellung von Futterkonserven in Form von Silage und Heu für die im Alpenraum lange andauernde Winterfütterungsperiode. Angesichts dieses hohen Kostenaufwands muss es ein erklärtes Ziel sein, qualitativ möglichst hochwertige Futterkonserven zu produzieren und damit die Kosten je Energieeinheit zu minimieren.

Sowohl die Forschung als auch die landwirtschaftliche Beratung haben sich in den vergangenen Jahren sehr intensiv mit dem Thema „Grundfutterqualität und Futterkonservierung“ befasst und diesen wichtigen Bereich für die Landwirtschaft mittels einschlägiger Unterlagen, zahlreicher Vorträge sowie spezieller Seminare zur Bewertung und Beurteilung von Silage und Heu aufbereitet. Die Ergebnisse mehrjähriger, österreichweiter Silage- und Heuprojekte zur Ermittlung der Futterqualitäten in der landwirtschaftlichen Praxis zeigen mittlerweile zwar allgemein eine leicht positive Tendenz, bieten aber noch immer ausreichend ungenütztes Potenzial zur Verbesserung.

Im Rahmen des 19. Alpenländischen Expertenforums werden daher in zahlreichen Beiträgen die neuesten Ergebnisse von Feldstudien und Forschungsprojekten zur Konservierung von Grundfutter präsentiert, wobei sich in schon traditioneller Weise auch KollegINNen aus den Nachbarländern/-regionen Schweiz, Bayern und Baden-Württemberg mit ihrer hochgeschätzten, fachlichen Expertise einbringen. Gegenüber dem 2002 abgehaltenen Expertenforum zum Thema „Zeitgemäße Futterkonservierung“ wird diesmal dem Heu und Grummet deutlich mehr Platz eingeräumt. Damit wird deren zunehmende Bedeutung Rechnung getragen, nachdem mit Beginn 2015 die derzeit noch bestehende Gebietskulisse für den Silageverzicht im Agrarumweltprogramm aufgehoben wird.

Sämtliche Beiträge stehen den Tagungsteilnehmern in bewährter Weise bereits zum Zeitpunkt des Expertenforums in schriftlicher Form zur Verfügung. An dieser Stelle sei allen Referenten herzlich für die termingerechte Bereitstellung ihrer Manuskripte gedankt - ein besonderer Dank gilt vor allem Frau Sandra Illmer und Frau Brunhilde Egger für die sorgfältige redaktionelle Bearbeitung und Layoutierung der Beiträge! Dank und Anerkennung sei auch all jenen Mitarbeiterinnen des LFZ Raumberg-Gumpenstein ausgesprochen, die an der Planung, Organisation und erfolgreichen Durchführung des 19. Alpenländischen Expertenforums 2014 mitgewirkt haben.

Mag. Margareta SCHEURINGER
Abteilung II/2: Schule, Erwachsenenbildung und Beratung
BMLFUW, Wien

HR Mag. Dr. Anton HAUSLEITNER
Leiter für Forschung und Innovation
LFZ Raumberg-Gumpenstein

Univ.-Doz. Dr. Erich M. PÖTSCH
Abteilung Grünlandmanagement und Kulturlandschaft
LFZ Raumberg-Gumpenstein



Inhaltsverzeichnis

Silage- und Raufutterproduktion in Österreich	1
Erich M. Pötsch, Reinhard Resch und Karl Buchgraber	
Trends bei der Produktion von Grassilage	8
Christof Löffler	
Silermittel, Silobau und Siloabdeckung: Aktuelles aus Recht und Beratung	14
Hansjörg Nußbaum	
Einfluss von Schnitthöhe und Gülleapplikation auf die Qualität von Grassilagen	20
Ueli Wyss	
Futterverschmutzung in Grassilagen österreichischer Praxisbetriebe Feedstuff-dirtying of grass-silage of austrian Farms	26
Gerald Stögmüller	
Heutrocknungsverfahren im Vergleich	34
Alfred Pöllinger	
Auswirkungen unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Raufutterqualität	44
Reinhard Resch	
Einfluss unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Futterhygiene von Raufutter	54
Andreas Adler, Peter Kiroje, Elisabeth V. Reiter und Reinhard Resch	
Vergleich von Kapazität und Kosten verschiedener Unterdachtrocknungsverfahren	68
Franz Nydegger und Gotthard Wirleitner	
Netz bayerischer Pilotbetriebe/Praxisbetriebe mit hofeigener Heubelüftungsanlage	74
Susanne Jakschitz-Wild und Stefan Thurner	
Vergleichende Bewertung von Heu- und Grassilage hinsichtlich ausgewählter Inhaltsstoffe	80
Karl Buchgraber	
Transparente Stretchfolien für Rundballen im Test	85
Reinhard Resch	



Silage- und Raufutterproduktion in Österreich

Erich M. Pötsch^{1*}, Reinhard Resch¹ und Karl Buchgraber¹

Zusammenfassung

Die Konservierung von Grundfutter in Form von Silage, Heu und Grummet leistet einen unverzichtbaren Beitrag zur bedarfsgerechten Nährstoffversorgung von Nutztieren im Alpenraum in der meist mehrere Monate andauernden vegetationsfreien Zeit. Die Futtermittelkonservierung stellt im Bereich der Grünlandbewirtschaftung einen zentralen Kostenfaktor dar, daher gilt es, eine möglichst hohe Futterqualität zu erzielen und damit die Kosten je Energieeinheit zu minimieren. Trotz intensiver Forschungstätigkeit zeigen sich in der landwirtschaftlichen Praxis noch beachtliche Mängel, zugleich bedeutet dies aber auch ein großes, noch ungenutztes Verbesserungspotenzial im Bereich der Grundfutterqualität. Die Problembereiche und Ursachen für eine schlechte Qualität der Grundfuttermittelkonserven sind weitgehend bekannt, ebenso die konkreten Lösungsansätze, die häufig im Bereich des Managements liegen. Vielfach bedarf es noch einer stärkeren Bewusstseinsbildung bei Landwirten, um das verfügbare Wissen am Betrieb auch entsprechend umzusetzen.

Schlagerwörter: Silage, Heu, Grummet, Grundfutterqualität, Futtermittelkonservierung, Grünland

Summary

Conservation of forage in form of silage, hay and aftermath essentially contributes to a demand oriented nutrient supply of farm animals during the non-growing season, which is mostly lasting several months in the alpine areas. Forage conservation is still representing the most relevant cost factor in grassland management and therefore forage quality should be as high as possible to minimize the costs per energy unit. In spite of intensive research activities there is still some remarkable deficit in agricultural practice, which at the same time provides a great and still unused potential of improvement in terms of forage quality. Areas of problems and causes of low quality of forage conserves are widely known as well as practical solutions which often can be found in management. But there is still some demand on raising farmer's awareness to implement the available knowledge in practice.

Key words: silage, hay, aftermath, forage quality, forage conservation, grassland

Bedeutung des Grundfutters in der österreichischen Grünlandwirtschaft

Durch die steigenden Energie- und Futtermittelpreise rücken die betriebseigenen Ressourcen - für den Grünlandbetrieb sind dies vor allem die hofeigenen Dünger und das Grundfutter von Wiesen und Weiden - auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht zukünftig noch stärker in den Mittelpunkt. Grundfutter aus dem Grünland als Basis guter Milchleistungen und hoher Qualität der erzeugten Nahrungsmittel ist also wieder mehr wert und steht im Blickfeld zahlreicher Forschungsprojekte und Beratungsaktivitäten (Buchgraber u.a., 2008). Neben der Ertragsleistung geht es dabei vor allem um die Sicherung und Verbesserung der Grundfutterqualität, die neben den gegebenen Standortbedingungen vom Pflanzenbestand, von der Düngung und im ganz besonderen Maße von der Art und Häufigkeit der Nutzung sowie von der Konservierungsmethode abhängt.

Nachdem nach wie vor bis zu 50% aller im Grünlandbetrieb anfallenden Kosten auf die Produktion des Grundfutters entfallen, muss es ein erklärtes Ziel sein, qualitativ möglichst hochwertige Futtermittelkonserven zu produzieren und damit die Kosten je Energieeinheit zu minimieren (Greimel, 2002; Hunger, 2013). Ein besonderes Augenmerk gilt hier

der Produktion und Bereitstellung von Futtermittelkonserven in Form von Silage und Heu für die im Alpenraum mitunter sehr lange andauernde Winterfütterungsperiode.

Aktueller Stand der Silage- und Heubereitung in Österreich

Knapp 28% des im Jahr 2012 auf österreichischen Wiesen, Weiden und Feldfutterbeständen erzielten und genutzten Nettotrockenmasseertrages von ca. 6,1 Mio. t wurde als Grünfutter (Weide + Eingrasen) verwertet. 4,4 Mio. t Nettotrockenmasse (also bereits abzüglich Ernte-, Werbe- und Konservierungsverluste) wurden zu 70% als Silage bzw. zu 30% als Heu und Grummet konserviert (Resch, 2013a). In den vergangenen fünf Jahrzehnten erfolgte diesbezüglich eine stetig zunehmende Verschiebung von der traditionellen Heu- und Grummetbereitung hin zur Produktion von Gärfutter. Allein bei Teilnahme an der ÖPUL-Maßnahme „Silageverzicht“ erfolgt in ausgewählten Bezirken bzw. Gemeinden der Bundesländer Vorarlberg, Tirol, Salzburg, Kärnten, Steiermark, Oberösterreich und Niederösterreich ein freiwilliger Verzicht auf die Bereitung und den Einsatz von Silage (BMLFUW, 2007). In der aktuell laufenden Programmperiode nahmen im Jahr 2012 insgesamt 9.833

¹ LFZ Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 IRDNING

* Univ.-Doz. Dr. Erich M. PÖTSCH, erich.poetsch@raumberg-gumpenstein.at

Betriebe mit knapp 112.500 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche an dieser ÖPUL-Maßnahme teil, deren erklärte Zielsetzungen die Aufrechterhaltung einer regional möglichst flächendeckenden, silagefreien Wirtschaftsweise und die Sicherung pflanzlicher und tierischer Biodiversität auf Grünlandflächen sind. In der aktuell laufenden Programmperiode wurde die Beibehaltung der bestehenden Gebietskulisse für diese Maßnahme mit einer möglichst flächendeckenden Umsetzung in den ausgewählten Gebieten und einer damit verbundenen größeren Wirkung begründet. Im Planungsentwurf für die kommende Programmperiode (2015-2020) wird auf eine Gebietsbegrenzung verzichtet und es kann daher diese Maßnahme - die Genehmigung durch Brüssel vorausgesetzt - ab 2015 im gesamten Bundesgebiet in Anspruch genommen werden (Weber-Hajszan, 2014). Zukünftig soll die Teilnahme nicht nur für rinderhaltende Betriebe sondern auch für Schaf- und Ziegenhalter möglich sein. Bei entsprechender Akzeptanz kann daher durchaus von einer nennenswerten Ausweitung der silagefreien landwirtschaftlichen Nutzflächen und damit einhergehend von einer Zunahme der Heu- und Grummetkonservierung ausgegangen werden.

Forschungsaktivitäten am LFZ zum Themenbereich Futterkonservierung

Silierversuche

Seit Beginn der fünfziger Jahre des vorigen Jahrhunderts kam es im Alpenraum zu einer langsam beginnenden Zunahme der Gärfutterproduktion, die für die landwirtschaftlichen Betriebe zu dieser Zeit zunächst noch fachliches Neuland darstellte. Erst ab 1960 kam es aber in Österreich zu einem nennenswerten Anstieg der Gärbehälterkubatur, vorwiegend in Form von Hochsilos in Stahlbetonsilo- und Hermetiksiloausführung (Schechtner, 1993). Hand in Hand mit dieser Entwicklung wurden auch zunehmend auftauchende Fragen und Problembereiche in der Gärfutterbereitung mittels Exaktversuchen am heutigen LFZ Raumberg-Gumpenstein bearbeitet (Resch, 2002). Mittels der im Jahre 1962 von Prof. Giselher Schechtner konzipierten und eingerichteten Siloversuchsanlage wurden bis zum Jahr 2005 insgesamt rund 50 Silierversuche durchgeführt. Herzstück dieser Siloversuchsanlage waren insgesamt 24 glasfaserverstärkte, zylinderförmige Kunststoffbehälter mit jeweils 250 l nutzbarem Siloraum. Diese Großbehälter waren mit einer speziellen Verdichtungseinrichtung ausgestattet (variabler Pressdruck auf die Silooberfläche von bis zu 2,5 t/m²), besaßen in mehreren Ebenen verteilt jeweils 18 Schraubfisteln zur Entnahme von Proben bzw. zur Messung von Temperatur und pH-Wert und verfügten im Bereich des Behälterbodens einen Ablasshahn für anfallende Sickersäfte. Der erste Silierversuch (S1) erfolgte 1965 mit einem Gemenge von Hafer, Erbse und Wicke, wobei hier bereits die Faktoren Anwelkung, Verdichtung und Silierzusatz in jeweils drei bzw. zwei Abstufungen geprüft wurden. Der erste Silierversuch (S2) mit Dauerwiesenfutter wurde 1966 angelegt und befasste sich mit der Auswirkung unterschiedlicher Anwelkstufen sowie der Zugabe verschiedenster Silierzusätze auf den Gärverlauf

sowie die Qualität der produzierten Silagen. Neben Grünlandfutter von Dauerwiesen wurde fallweise auch Erntegut von bestehenden Exaktversuchen in den Versuchssilos konserviert und damit auch zusätzliche Faktoren wie etwa die Düngung berücksichtigt. Der vorläufig letzte Silierversuch (S 54) mit der Gumpensteiner Siloversuchsanlage wurde 2005 mit Dauerwiesenfutter durchgeführt und beinhaltete zwei Anwelkstufen sowie drei Silierzusätze (Moitzl, 2008). Seit 2005 wurden vom LFZ Raumberg-Gumpenstein weitere 9 Silierversuche zu unterschiedlichsten Fragestellungen konzipiert und abgewickelt. Mittlerweile werden dazu je nach Fragestellung, Siliergut und Beprobungshäufigkeit hauptsächlich Weithalsgefäße aus Kunststoff mit einem Fassungsvermögen von 60 l bzw. auch 1l-Einweckgläser verwendet. Durch den Einsatz dieser kleinvolumigeren Gefäße können auch umfassende dynamische Beprobungsreihen sowie mehr Wiederholungen für zusätzliche Erhebungen angelegt werden.

In den letzten Jahren befassten sich zahlreiche Silierversuche auch mit spezifischen Fragestellungen zur Ballensilage, insbesondere Qualitätseigenschaften (Folienstärke, Versiegelungs-güte/Luftdurchlässigkeit, Farbe) der Stretchfolien bzw. die Anzahl der Wickellagen betreffend (Resch, 2009a; 2010a; 2012; 2014).

Die mittlerweile insgesamt 63 vom LFZ Raumberg-Gumpenstein durchgeführten Silierversuche wurden großteils mit Mischbeständen von Dauerwiesen und Feldfutter durchgeführt, einige wenige Versuche aber auch mit Silomais, Biertreber, Raps, Sudangras, Knautgras, Ampfer oder TMR (Buchgraber und Resch, 1995; Pötsch und Resch, 2002a; Resch, 2002; Pötsch und Resch, 2002b; Adler *et al.*, 2004; Resch und Adler, 2006; Resch, 2010b).

Der stärkste Schwerpunkt lag eindeutig in der Prüfung von Silierzusätzen (rund 70 unterschiedliche Produkte wurden getestet), gefolgt von bzw. auch kombiniert mit unterschiedlichsten für die Gärfutterbereitung relevanten Faktoren wie Vegetationsstadium, Futtermittelverschmutzung, Anwelkgrad, Mäh- und Ernteverfahren, Häcksellänge, Verdichtung oder Lagerdauer (Buchgraber und Resch, 1989; Buchgraber und Resch, 1992; Steinwender u.a., 1992; Buchgraber, 2009; Resch, 2010c; Emerstorfer, 2011). Einige Silierversuche befassten sich mit sehr speziellen Fragen, die nicht primär mit der Qualität von Silagen zu tun hatten, wie etwa Untersuchungen zur Veränderung der Keimfähigkeit von Ampfersamen im Verlauf des Gärprozesses (Pötsch, 2005). Die umfassenden Ergebnisse der Gumpensteiner Silierversuche wurden bis zum heutigen Zeitpunkt mittels zahlreicher Vorträge, Seminare, Abschlussberichte, Fachartikel und anschaulich aufbereiteter Sonderbeilagen in die landwirtschaftliche Praxis getragen (z.B. Koutny und Buchgraber, 1994; Buchgraber u.a., 1996; Buchgraber u.a., 2003; Resch u.a., 2011).

Silageprojekte - Feldstudien

Neben Exaktversuchen, mit denen spezifische Fragestellungen unter definierten und kontrollierten Bedingungen bearbeitet werden, befasst sich das LFZ Raumberg-Gumpenstein seit vielen Jahren auch mit dem status quo der Grundfutterqualität in der Praxis. Im Jahre 1987 erfolgten

Tabelle 1: Einfluss fixer Effekte und quantitativer Faktoren auf den Nährstoffgehalt und die Energiekonzentration von Grassilagen (GLM-Analyse mit Daten aus den österreichischen Silageprojekten (Pötsch *et al.*, 2010))

Parameter Einheit	Trockenmasse [g/kg FM]	Rohprotein [g/kg TM]	Rohfaser [g/kg TM]	Rohasche [g/kg TM]	Energiekonzentration [MJ NEL/kg TM]
Mittelwert	374.3	148.3	262.2	103.6	5.96
Standardabweichung	74.1	19.6	26.7	21.6	0.34
R ² in %	16.8	37.4	39.1	19.3	85.9
Fixe Effekte (Abstufungen)					
	p-Wert (signifikant bei < 0.05)				
Bewirtschaftungssystem (4)	0.227	0.000	0.000	0.000	0.327
Jahr (4)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.099
Aufwuchs (4)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Grünlandnutzungsform (5)	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
Mähsystem (4)	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
Schnitthöhe (3)			0.339	0.000	0.003
Kreiselhäufigkeit (4)	0.028	0.159	0.025	0.008	
Schnittzeitpunkt (4)	0.000				
Wetterbedingungen (2)	0.000	0.248	0.004	0.137	0.819
Siliersystem (4)		0.345	0.014	0.891	0.778
Erntetechnik (6)	0.000			0.068	
Häcksellänge (5)	0.535		0.732	0.645	0.246
Verdichtungsgrad (5)					0.036
Silierzusätze (4)					0.329
Quantitative Faktoren					
Trockenmasse (p-Wert)		0.000	0.000	0.000	0.000
Mittelwert [g/kg FM]		377.3	377.2	377.4	377.2
Regressionskoeffizient [g/kg resp. MJ NEL]		-0.0024	-0.024	-0.028	-0.0002
Rohprotein (p-Wert)			0.000		0.000
Mittelwert [g/kg TM]			148.7		148.9
Regressionskoeffizient [g/kg resp. MJ NEL]			-0.705		0.001
Rohfaser (p-Wert)	0.543	0.000		0.000	0.000
Mittelwert [g/kg TM]	263.8	264.1		263.8	263.7
Regressionskoeffizient [g/kg resp. MJ NEL]	0.033	-0.397		-0.251	-0.01
Rohasche (p-Wert)		0.000	0.000		0.000
Mittelwert [g/kg TM]		103.0	103.0		103.3
Regressionskoeffizient [g/kg resp. MJ NEL]		-0.149	-0.385		-0.0093

prioritäre Faktoren (1, 2 und 3)

erste Gespräche zur Durchführung eines umfassenden Silageprojektes in Form einer Feldstudie auf landwirtschaftlichen Praxisbetrieben im Steirischen Ennstal.

Es erfolgte eine intensive Einbindung unterschiedlichster Interessensgruppen (Verarbeitungsindustrie, Landwirtschaftskammern, Fachschulen, Wissenschaft, Tierärzteschaft, Landwirte) und schließlich die Planung und Durchführung des sogenannten „Silageprojekt Steirisches Ennstal“. In den Jahren 1988 bis 1990 wurden auf 154 zufällig ausgewählten lw. Betrieben im Ennstal insgesamt 503 Gras- und 185 Maissilageproben gezogen und untersucht sowie umfassende Befragungen zu allgemeinen und silagebezogenen Betriebsdaten durchgeführt.

Durch die Mitwirkung des regionalen Milchverarbeiters konnten auch die Milchanalysen der teilnehmenden Betriebe in den mit mehr als 100.000 Einzeldaten beachtlich großen Datenpool aufgenommen und in die statistischen Auswertungen einbezogen werden (BAL, 1993, Buchgraber und Resch, 1993). Die Ergebnisse des Steirischen Silageprojektes zeigten sehr klar die stärksten Problembereiche wie zu später Erntezeitpunkt, mangelnde Verdichtung und Futtermittelverschmutzung auf, die letztlich zu erhöhten Silierverlusten und unbefriedigenden Silagequalitäten führten.

Durch die enge Verschränkung von Forschung, Beratung und landwirtschaftlicher Praxis sowie durch die intensive Umsetzungsarbeit (Erläuterung der Silagebefunde, 12 Veranstaltungen zur Besprechung der Ergebnisse, Feldtage, Merkblätter, Fachtagungen) erfolgte eine sehr direkte Vermittlung der Projektergebnisse, ebenso wichtige Aspekte waren allerdings auch der Erfahrungsaustausch bzw. das feedback aus der Praxis für die Forschung.

Mit dem Steirischen Silageprojekt wurde neben der klassischen, traditionellen Forschungsarbeit seitens des LFZ Raumberg-Gumpenstein erstmals in größerem Umfang ein neuer Weg in der praxisorientierten Forschung beschritten (Chytil, 1993), der seither mehrfach für unterschiedlichste Fachthemen sehr erfolgreich wiederbegangen wurde (z.B. BAL, 1998; BAL, 2000; BAL, 2005). Im Bereich der Gärfutterkonservierung wurden von den Fütterungsreferenten der österreichischen Landes-Landwirtschaftskammern, gemeinsam mit den Arbeitskreisen Milchproduktion, dem Futtermittellabor Rosenau (LK Niederösterreich) und dem LFZ Raumberg-Gumpenstein mittlerweile vier österreichweite Silageprojekte durchgeführt, in denen in den Jahren 2003, 2005, 2007 und 2009 insgesamt mehr als 3.600 Grassilagen eingesendet und untersucht wurden (Steinwider, 2004; Resch u. Steinwider, 2006; Resch, 2008a; Resch, 2010d).

Tabelle 2: Einfluss fixer Effekte und quantitativer Faktoren auf die Gärqualität und Qualitätseinstufung von Grassilagen (GLM-Analyse mit Daten aus den österreichischen Silageprojekten (Pötsch *et al.*, 2010))

Parameter Einheit	pH-Wert	Milchsäure [g/kg TM]	Essigsäure [g/kg TM]	Buttersäure [g/kg TM]	NH ₄ -N [% of total N]	DLG-Punkte (0-100)
Mittelwert	4.48	43.8	11.6	10.9	8.4	75.8
Standardabweichung	0.35	24.4	7.1	9.6	4.8	19.9
R ² in %	23.1	14.3	14.6	38.5	20.2	40.1
Fixe Effekte (Abstufung)	p-Wert (signifikant bei < 0.05)					
Bewirtschaftungssystem (4)	0.070	0.013	0.012	0.019	0.216	0.024
Jahr (4)	0.000	0.000	0.000	0.033	0.000	0.000
Aufwuchs (4)	0.001	0.168	0.101	0.000	0.067	0.000
Grünlandnutzungsform (5)	0.006	0.001	0.000	0.001	0.024	0.021
Schnitthöhe (3)	0.094	0.007	0.912	0.043	0.539	0.006
Wetterbedingungen (2)	0.369	0.596	0.043	0.044	0.000	0.008
Siliersystem (4)	0.000	0.000	0.269	0.000	0.051	0.000
Häcksellänge (5)	0.001	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000
Verdichtungsgrad (5)	0.006	0.004	0.532	0.027	0.457	0.003
Silierzusätze (4)	0.000	0.004	0.000	0.000	0.083	0.000
Probenverpackung (2)	0.000	0.410	0.634	0.024	0.410	0.347
Quantitative Faktoren						
Trockenmasse (p-Wert)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mittelwert [g/kg FM]	378.2	374.6	374.6	374.6	374.6	374.6
Regressionskoeffizient [g/kg resp. MJ NEL]	0.001	-0.039	-0.018	-0.051	-0.015	0.073
Rohfaser (p-Wert)	0.000	0.000	0.165	0.000	0.000	0.000
Mittelwert [g/kg TM]	265.5	265.6	265.6	265.6	265.6	265.6
Regressionskoeffizient [g/kg resp. MJ NEL]	0.003	-0.132	-0.009	0.089	0.048	-0.189
Rohasche (p-Wert)	0.000	0.000	0.516	0.000	0.000	0.000
Mittelwert [g/kg TM]	103.2	103.7	103.7	103.7	103.7	103.6

prioritäre Faktoren (1, 2 und 3)

Die vorliegenden Analysenergebnisse wurden unter Einbeziehung von betriebspezifischen Befragungsdaten hinsichtlich der Bewirtschaftung und des Silagemanagements ausgewertet (Resch, 2008b; 2008c; 2011a) und es konnten daraus die entscheidenden Einflussfaktoren herausgearbeitet werden, die für Qualitätsmängel bei Grassilagen in der Praxis verantwortlich zeichnen (siehe *Tabellen 1* und *2*).

Durch die über einen längeren Zeitraum laufenden Silagebeprobungen konnte ein guter Überblick über die gesamtösterreichische Situation zur Silagequalität gewonnen werden, der allerdings doch etwas ernüchternd ausfällt (Resch, 2009b; Pötsch *et al.*, 2010).

Rund 58% aller untersuchten Silagen konnten zwar nach dem DLG-Punktesystem (Weißbach u. Honig, 1992) mit mehr als 70 erzielten Punkten als gut bis sehr gut eingestuft werden, bei einer weiteren Beurteilung nach den Kriterien Rohfasergehalt (Zielgröße 22 bis 27% in der TM) und Anwelkgrad (30-40%) erfüllten nur mehr knapp 35% aller Silageproben diese beiden Zielwerte. Ergänzt man diese Evaluierung noch um das Kriterium Futterverschmutzung (Rohaschegehalt >10% in der TM) so bleiben insgesamt nur mehr 14% der Silagen (jede siebente Silage!), die alle drei angestrebten Zielwerte erfüllen (Pötsch *et al.*, 2011).

Hier besteht also noch beachtlicher Handlungs- und Verbesserungsbedarf, zumal es sich streng genommen um keine wirklich repräsentativen Erhebungen handelt, sondern davon auszugehen ist, dass eher qualitätsbewusste, bessere Betriebe mit vermeintlich guten Silagen an diesen freiwilligen Praxisstudien teilnehmen.

Heuprojekte

Dem Heu als traditionelle Form der Futterkonservierung im Alpenraum wurde im Vergleich zur Silage in den vergangenen Jahrzehnten seitens der Forschung deutlich weniger Augenmerk geschenkt. Eines der ersten Heuprojekte wurde in den Jahren 1992-1995 unter Beteiligung der LFS Grabnerhof und der LFS Vöcklabruck durchgeführt, wobei die ehemalige BA für Agrarbiologie in Linz (heute AGES Linz) sämtliche Proben hinsichtlich des mikrobiologischen Status untersuchte. Die Ergebnisse und Daten dieses Projektes, bei dem sowohl die Bodenheutrocknung als auch die Heubelüftung untersucht wurden, flossen unter anderem auch in die erste Futterwerttabelle für das Grundfutter im Alpenraum ein (Gindl und Wilhelm, 1994; Buchgraber u.a., 1998; Resch u.a., 2006). Zahlreiche Sonderbeilagen zum Thema Heu wurden seither aufgelegt und unterstützen die landwirtschaftliche Praxis bei der Produktion von qualitativ hochwertigem Heu und Grummet (Wirleitner und Ginzinger, 2006; Steinwidder und Wurm, 2008; Nydegger und Wirleitner, 2009).

Im Jahr 2008 wurde die 1. Österreichische Heumeisterschaft durchgeführt, es folgten österreichweite Heuprojekte in den Jahren 2010 und 2012 in intensiver Zusammenarbeit mit den Landwirtschaftskammern (Resch, 2010e; 2011b; 2013b, 2013c). Diese Heuprojekte wurden jeweils mit öffentlichen Heuprämierungen in Köstendorf bzw. Kitzbühel abgeschlossen. Seit 2008 unterstützt das LFZ Raumberg-Gumpenstein das Bundesland Tirol und seit 2012 das Bundesland Salzburg sehr intensiv in spezifischen Projek-

ten zum Thema Grundfutterqualität. Aktuell wurde in den Jahren 2010-2012 das Forschungsprojekt „Heutrocknung“ am LFZ Raumberg-Gumpenstein durchgeführt, bei dem unterschiedliche Konservierungsverfahren (Grassilage, Bodentrocknung, Kaltbelüftung und Entfeuchtertrocknung) miteinander verglichen wurden. Einige Beiträge des diesjährigen Alpenländischen Expertenforums befassen sich mit diesem Projekt und präsentieren daraus erste Ergebnisse (Pöllinger, 2014; Resch, 2014; Adler u.a., 2014). Das Thema Heu und Grummet rückt heute aber nicht nur durch die Produktion von Heumilch sondern auch durch die verstärkte Nachfrage seitens der Pferdewirtschaft, der Jagdwirtschaft und des Tourismus mit ihren sehr unterschiedlichen, spezifischen Anforderungen stärker in den Vordergrund (Erasimus u.a., 2007; Resch u.a., 2011). Vor allem die Jägerschaft zeigt großes Interesse an einer verstärkten Bewusstseinsbildung zur Wildheu- und Grummetqualität, aber auch an einem nachvollziehbaren Bewertungsmaßstab zur Raufutterbeurteilung, der nicht zuletzt auch als Grundlage für Preisverhandlungen dient.

Zukünftige Herausforderungen

Viele der heute auftretenden Problembereiche in der Konservierung von Grünlandfutter sind ebenso wie deren Ursachen altbekannt und wurden mittels zahlreicher Forschungsprojekte sowie Praxisstudien identifiziert und bearbeitet. Es mangelt wohl auch nicht an entsprechenden Fachunterlagen für die landwirtschaftliche Praxis, vielmehr scheint es noch einen Bedarf an bewusstseinsbildenden Maßnahmen zu geben, der den LandwirtInnen die große ökologische und ökonomische Bedeutung von qualitativ hochwertigen Grundfutterkonserven vor Augen führt. Einen wichtigen Beitrag dazu leisten zweifelsohne die angeführten Praxisprojekte und Feldstudien, insbesondere aber auch die intensive Wissensvermittlung in diversen Arbeitskreisen der Landwirtschaftskammern sowie die zahlreichen Seminare zur Futterbeurteilung und Futterbewertung. Neben der analytischen Bewertung von Silage, Heu und Grummet bietet hier die sensorische Beurteilung von Geruch, Farbe, Gefüge und Verschmutzungsgrad eine leicht durchführbare Möglichkeit, die Qualität der eigenen Futterkonserven rasch einzuschätzen und Problembereiche zu erkennen (Buchgraber, 1998; Resch, 2013d). Im Idealfall können die Ursachen für schlechte Futterqualitäten nicht nur identifiziert sondern durch entsprechende Korrekturmaßnahmen bei der Futterernte und Futterkonservierung auch ausgeschaltet werden. Gewisse Probleme können sich aber auch durch die Inanspruchnahme überbetrieblicher Leistungen ergeben, da im Bereich der Futterkonservierung nur ein relativ enges, zeitliches Fenster zur Verfügung steht, um auch hohe Qualitäten zu gewährleisten. Hier braucht es eine sehr gute Planung und Abstimmung, damit es nicht durch zeitliche Verzögerungen (oft sind es „nur“ wenige Stunden) zu nachfolgenden Problemen (z.B. zu starke Anwelkung bei Silagen, unnötig lange Feldlagerzeiten, große zeitliche Differenz zwischen Press- und Wickelarbeit) kommt.

Fest steht jedenfalls, dass es auch beim Heu und Grummet noch beachtliche Qualitätspotenziale gibt, die insbesondere durch Verbesserungen in den Bereichen Bestandesführung,

Grünlanderneuerung sowie Management bei der Futterernte und Futterkonservierung abgerufen werden könnten. Die landwirtschaftliche Forschung bleibt ihrerseits aufgerufen, neue Entwicklungen wissenschaftlich zu prüfen und die Ergebnisse solcher Untersuchungen für die Praxis objektiv und in neutraler Form aufzubereiten. Internationale Fachtagungen, wie das 19. Alpenländische Expertenforum dienen darüber hinaus als hervorragende Plattform zum Wissens- und Erfahrungsaustausch zwischen Forschung, Beratung und Praktikern.

Literatur

- Adler, A., Pötsch, E. M., Hanslmayr, P., Glösmann, F., Resch, R., 2004: Stock silages of total mixed rations - microbiological aspects. European Feed Microbiology Organisation, Proceedings. Oldenburg, 41-47.
- Adler, A., Kiroje, P., Resch, R., 2014: Einfluss unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Futterhygiene von Raufutter. Tagungsbericht zum 19. Alpenländischen Expertenforum „Futterkonservierung - Aktuelle Entwicklungen in der Silage- und Heuproduktion“, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 54-67.
- BAL 1993: Silageprojekt „Steirisches Ennstal“, Veröffentlichungen der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Heft 20, 51 S.
- BAL 1998: Zeitgemäße Almbewirtschaftung sowie Bewertung von Almflächen und Waldweiden. Tagungsbericht zum 4. Alpenländischen Expertenforum, BAL Gumpenstein, 109 S.
- BAL 2000: Das Grünland im Berggebiet Österreichs. MAB-Forschungsbericht „Landschaft und Landwirtschaft im Wandel - Das Grünland im Berggebiet Österreichs“, Wien, 195 S.
- BAL 2005: Nährstoffgehalt von Gärrückständen aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen und deren Einsatz im Dauergrünland. Abschlussbericht des Projektes BAL 2341, 32 S.
- BMLFUW 2007: Anhänge zur Sonderrichtlinie des BMLFUW für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL 2007); GZ BMLFUW-LE.1.1.8/0014-II/8/201.
- Buchgraber, K., 1998: Nutzung und Konservierung des Grünlandfutters im österreichischen Alpenraum. Habilitationsschrift, Universität für Bodenkultur Wien, 113 S.
- Buchgraber, K., 2002: Bewertung der Grundfutterqualitäten in Österreich. Bericht zum 8. Alpenländischen Expertenforum „Zeitgemäße Futterkonservierung“, Gumpenstein, 73-76.
- Buchgraber, K., 2009: Qualitätsveränderungen bei der Lagerung von Silage und Heu. In: Bericht 15. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Grundfutterqualität - aktuelle Ergebnisse und zukünftige Entwicklungen, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 73-80.
- Buchgraber, K., Resch, R., 1989: Silierringmittel - Versuchsbericht 1989, Bericht über den Silierversuch S-28, Sonderdruck BAL Gumpenstein, 41 S.
- Buchgraber, K., Resch, R., 1992: Silierringmittelprüfung bei Grünlandfutter, Veröffentlichungen Heft 15, BAL Gumpenstein, 73 S.
- Buchgraber, K., Resch, R., 1992: Silierringmittelprüfung bei Grünlandfutter. Neues aus den Bundesanstalten. Förderungsdienst 40 (3), 89.
- Buchgraber, K., Resch, R., 1993: Der Einfluß der Produktion von Grassilagen auf die Futterqualität und Gärbiologie sowie die Auswirkungen auf die Verfütterung und Milchqualität in der Praxis - Silageprojekt „Steirisches Ennstal“. Veröffentlichung BAL Gumpenstein, Heft 20, 11-32.

- Buchgraber, K., Resch, R., 1995: Siliermittelpfprüfung bei Grünlandfutter 1993. Veröffentlichungen der BAL Gumpenstein, Heft 22, 27 S.
- Buchgraber, K., Resch, R., Adler, A., 1996: Einfluß des Nutzungszeitpunktes bei der Silierung von Grünlandfutter und Einfluß von Silierzusätzen bei der Silierung von Grünfütter als Naß- und Anwelksilage. Veröffentlichung der BAL Gumpenstein, Heft 27, 1-38.
- Buchgraber, K., Resch, R., Gruber, L., Wiedner, G., 1998: Futterwerttabellen für das Grundfütter im Alpenraum. ÖAG-Sonderbeilage 4/97, Der Fortschrittliche Landwirt, Heft 2/1998, 11 S.
- Buchgraber K., Pötsch, E. M., Resch, R., Pöllinger, A., 2003: Erfolgreich silieren - Spitzenqualitäten bei Grassilagen. ÖAG-Sonderbeilage 3/2003, Der Fortschrittliche Landwirt, Heft 9, 29-37.
- Buchgraber, K., Gruber, L., Pöllinger, A., Pötsch, E. M., Resch, R., Starz, W., Steinwider, A., 2008: Futterqualität aus dem Grünland ist wieder mehr wert. Der Fortschrittliche Landwirt, 86, (6), 1-16.
- Chytil, K., 1993: Neue Wege in der praxisorientierten Forschung. Bericht über die Österreichweite Silagetagung, BAL Gumpenstein, 55-60.
- Emerstorfer, F., Hein, W., Resch, R., Pötsch, E.M., Zitz, U., Kneifel, W., 2011: Application of plant-based antimicrobials for the growth inhibition of clostridia in pressed beet pulp silage. Journal of the Science of Food and Agriculture 91(11), 2038-2044.
- Erasimus, L., Dobretsberger, M., Buchgraber, K., 2007: Produktion und Bewertung von Pferdeheu. ÖAG-Sonderbeilage 1/2007, Der Fortschrittliche Landwirt, Heft 1, 47-57.
- Gindl, G., Wilhelm, H., 1994: Qualitätsheu durch Belüftung. ÖAG Sonderbeilage 1/94. Der Fortschrittliche Landwirt, 7 S.
- Greimel, M. (2002): Einsparungspotentiale in der Grundfütterkonservierung. Bericht zum 8. Alpenländischen Expertenforum „Zeitgemäße Futterkonservierung“, Gumpenstein, 77-80.
- Hunger, F., 2013: Grundfütterkosten - Methode und Ergebnisse aus der Vollkostenauswertung der Arbeitskreise Milchproduktion. 40. Viehwirtschaftliche Fachtagung, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 1-7.
- Koutny, A., Buchgraber, K., 1994: Produktion von Qualitätssilagen. ÖAG-Sonderbeilage, Der Fortschrittliche Landwirt 72 (9).
- Moitzi, E., 2008: Einfluss von Silierzusatzmittel auf die Gär- und Futterqualität bei Nass- und Anwelksilage. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, 135 S.
- Nydegger, F., Wirleitner, G., 2009: Qualitätsheu durch effektive und kostengünstige Belüftung. ÖAG-Sonderbeilage 3/2009, Der Fortschrittliche Landwirt, Heft 6, 57-68.
- Pöllinger, A., 2014: Heutrocknungsverfahren im Vergleich. Tagungsbericht zum 19. Alpenländischen Expertenforum „Fütterkonservierung - Aktuelle Entwicklungen in der Silage- und Heuproduktion“, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 34-43.
- Pötsch, E.M., 2005: Möglichkeiten der Ampferregulierung und -bekämpfung. Publikation zur Generalversammlung 20 Jahre Agra - Ost an der Bischöflichen Schule in St. Vith, Belgien, 1-9.
- Pötsch, E.M. und Resch, R., 2002a: Einfluss von Silierzusätzen auf die Vergärung, Silage- und Futterqualität von leicht angewelktem Grünfütter. Veröffentlichung der BAL Gumpenstein, Heft 35, 18 S.
- Pötsch, E.M. und Resch, R., 2002b: Einfluss von Futteraufbereitung und Erntetechnik auf den Gärverlauf und die Silagequalität von Grünlandfütter. Bericht zum 8. Alpenländischen Expertenforum „Zeitgemäße Futterkonservierung“, Gumpenstein, 11-15.
- Pötsch, E.M., Resch, R. and Buchgraber, K., 2010: Forage conservation in mountainous regions - results of the Austrian silage monitoring project In: Tagungsband 14th International Symposium „Forage Conservation“, Brno, Czech Republic, 4-11.
- Pötsch, E.M., Resch, R., Wiedner, G., Buchgraber, K., 2011: Challenge and problems of forage conservation in mountainous regions of Austria. Proceedings of the 16th EGF-Symposium, Vol 16, Grassland Science in Europe, 82-84.
- Resch, R., 2002: 35 Jahre Gumpensteiner Silierversuche. Tagungsbericht zum 8. Alpenländischen Expertenforum „Zeitgemäße Futterkonservierung“, BAL Gumpenstein, 31-38.
- Resch, R., Guggenberger, T., Wiedner, G., Kasal, A., Wurm, K., Gruber, L., Ringdorfer, F., Buchgraber, K., 2006: Futterwerttabellen für das Grundfütter im Alpenraum. ÖAG-Sonderdruck, Info 8/2006, 20 S.
- Resch, R., 2008a: Silageprojekt 2003/2005/2007. Sonderdruck des LFZ Raumberg-Gumpenstein, 50 S.
- Resch, R., 2008b: Ergebnisse Silageprojekt 2003/2005/2007. Bericht über die 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung zum Thema „Milchquote, Strukturversorgung Wiederkäuer, Forschungsergebnisse LFZ, Aufzucht und Nutzungsdauer, Rindermast und Qualität“, 9. und 10. April 2008, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 33-46.
- Resch, R., 2008c: Mehrjährige Ergebnisse von Futterqualitäten aus dem Österreichischen Silageprojekt. Proceedings of the 17th International Science Symposium of Nutrition of Domestic Animals „Zdravec-Erjavec Days“, Radenci, Slowenien, 153-164.
- Resch, R., 2009a: Einfluss von unterschiedlichen Stretchfolien auf die Futter- und Gärqualität von Grassilage-Rundballen. Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Tätigkeit „Stretchfolienvergleich“. LFZ Raumberg-Gumpenstein, 13 S.
- Resch, R., 2009b: Description of significant influencing factors on butyric acid content of grass silage by means of a multi-factorial linear model. Proceedings of the 13th International Conference „Forage Conservation“, Nitra, Slovakia Republic, 123-125.
- Resch, R., 2010a: Einfluss von unterschiedlicher Güte der Ballenversiegelung auf die Futter- und Gärqualität von Grassilage-Rundballen. Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Tätigkeit 3584 (DaFNE 100684) „Versiegelungsgüte“. LFZ Raumberg-Gumpenstein, 17 S.
- Resch, R., 2010b: Einfluss von Reifestadium und Häckselhöhe auf die Futter- und Gärqualität von Silomais. Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Tätigkeit „Reifestadienversuch Silomais“. LFZ Raumberg-Gumpenstein, 21 S.
- Resch, R., 2010c: Was können Silierzusätze. Der Fortschrittliche Landwirt (8), 2010, 26-29.
- Resch, R., 2010d: Qualitätsbewertung von österreichischen Grassilagen und Silomais aus Praxisbetrieben. Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Tätigkeit 3561 (DaFNE 100535) „Silagequalität“, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 87 S.
- Resch, R., 2010e: 1. Österreichische Heumeisterschaft. Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Tätigkeit 3534 (DaFNE 100383), LFZ Raumberg-Gumpenstein, 65 S.
- Resch, R., 2011a: Die Qualitätsproduktion von Silage und Heu in Österreich - wo können wir noch zulegen? Tagungsbericht über die 17. Wintertagung, Aigen im Ennstal, 17.02.2011, 21-22.
- Resch, R., 2011b: Raufütterqualität auf österreichischen Betrieben. Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Tätigkeit 3583 (DaFNE 100683) „Praxisheu“, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 57 S.
- Resch, R., 2012: Einfluss neuer Stretchfolientechnologien und Anzahl an Wickellagen auf Gärungsverluste, Gärfütterqualität und aerobe

- Stabilität von Grassilage-Rundballen. Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Tätigkeit 3611 (DaFNE 100880) „Stretchfolie III“. LFZ Raumberg-Gumpenstein, 23 S.
- Resch, R., 2013a: Grundfutterbilanz 2012 für Österreich. Schriftliche Mitteilung an Statistik Austria. LFZ Raumberg-Gumpenstein
- Resch, R., 2013b: Einfluss des Managements auf die Raufutterqualität von Praxisbetrieben. Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Tätigkeit 3603 (DaFNE 100842) „Top-Heu“, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 25 S.
- Resch, R., 2013c: Einfluss des Konservierungsmanagements auf die Qualität von Raufutter österreichischer Rinderbetriebe - Ergebnisse aus LK Heuprojekten. Bericht zur 40. Viehwirtschaftliche Fachtagung, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 18.- 19. April 2013, 57-72.
- Resch, R., 2013d: Die Bewertungskriterien für Heu, Silage, Gärheu und Stroh - wie gehe ich in der Beurteilung vor? Tagungsband über die 2. Österreichische Pferdetagung, 14-16.
- Resch, R., 2014: Einfluss von transparenten Stretchfolien auf Silagequalität, aerobe Stabilität und Gärungsverluste von Grassilage in Rundballen. Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Tätigkeit 3620 (DaFNE 100953) „Stretchfolie IV“. LFZ Raumberg-Gumpenstein, 24 S.
- Resch, R., 2014: Auswirkungen unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Raufutterqualität. Tagungsbericht zum 19. Alpenländischen Expertenforum „Futterkonservierung - Aktuelle Entwicklungen in der Silage- und Heuproduktion“, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 44-53.
- Resch, R. und Adler, A., 2006: Einfluss verschiedener Silierzusätze auf die Konservierung von leicht angewelktem Grünlandfutter einer Wiesenneuanlage und einer Dauerwiese. Veröffentlichungen der HBLFA Raumberg, Heft 44, 53 S.
- Resch, R., Adler, A., Frank, P., Pöllinger, A., Peratoner, G., Tiefenthaller, F., Meusburger, C., Wiedner G., Buchgraber, K., 2011: Top-Grassilage durch optimale Milchsäuregärung. ÖAG-Sonderbeilage 7/2011, Der Fortschrittliche Landwirt, Heft 8, 67-77.
- Resch, R., Pötsch, E.M., Klansek, E., Gahr, F., Leitner, A. Rothmann, G., Stein, M. und Buchgraber, K., 2011: Beste Heu- und Silagequalität für Reh- und Rotwild. Der fortschrittliche Landwirt, 89, (2), 65-71.
- Resch, R. und Steinwider, A., 2006: Silageprojekt 2003 und 2005. Sonderdruck des LFZ Raumberg-Gumpenstein, 29 S.
- Schechtner, G., 1993: Silowirtschaft im Wandel der Zeit. Bericht über die Österreichweite Silagetagung, BAL Gumpenstein, 1-12.
- Steinwender, R., Gruber, L., Buchgraber, K., Häusler, J., 1992: Futterwert von Silagen aus Rundballen und Flachsilos verschiedenen Anwelkgades bei Milchkühen. Die Bodenkultur 43 (3), 265-274.
- Steinwider, A., 2004: Erste Ergebnisse des Silageprojektes 2003. Sonderdruck BAL Gumpenstein, 28 S.
- Steinwider A. und Wurm, K., 2008: Heu - ein unverzichtbarer Bestandteil in der Rinderfütterung. ÖAG-Sonderbeilage1/2008, Der Fortschrittliche Landwirt, Heft 1, 49-56.
- Wirleitner, G. und Ginzinger, W., 2006: Heumilch - vom Feld bis zum Produkt. ÖAG-Sonderbeilage 5/2006, Der Fortschrittliche Landwirt, Heft 18, 45-54.
- Weber- Hajszan, L., 2014: Agrarumweltprogramm ÖPUL. Vortrag zur künftigen Ausgestaltung des ÖPUL , Stakeholder-Dialogtag - LE 2020, 18. Februar 2014, Wien.
- Weißbach, F. und Honig, H., 1992: Ein neuer Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Silagen auf der Basis der chemischen Analyse. 104. VDLUFA-Kongress, Göttingen, VDLUFA-Schriftenreihe 35, 489-494.



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- sowie 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 erntender 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.

MJ NEL/kg TM

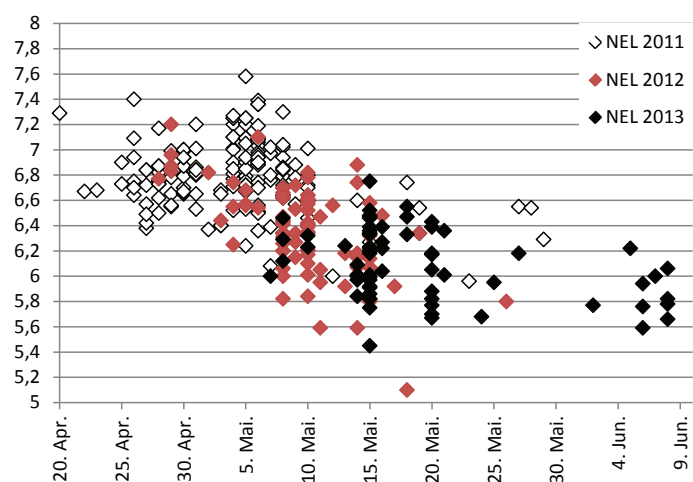


Abbildung 2: Erntezeitpunkte und Energiegehalte 2011 bis 2013 für die landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete Allgäu und Oberland

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

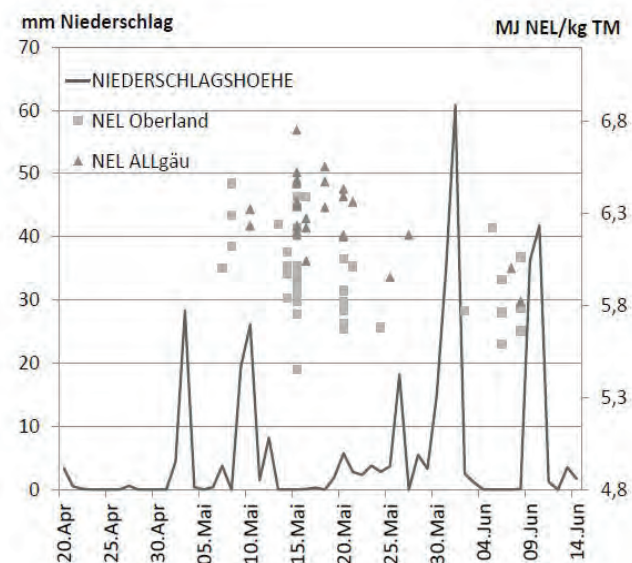


Abbildung 1: Erntezeitpunkte, Energiegehalte und Niederschläge beim ersten Aufwuchs 2013 für die landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete Allgäu und Oberland

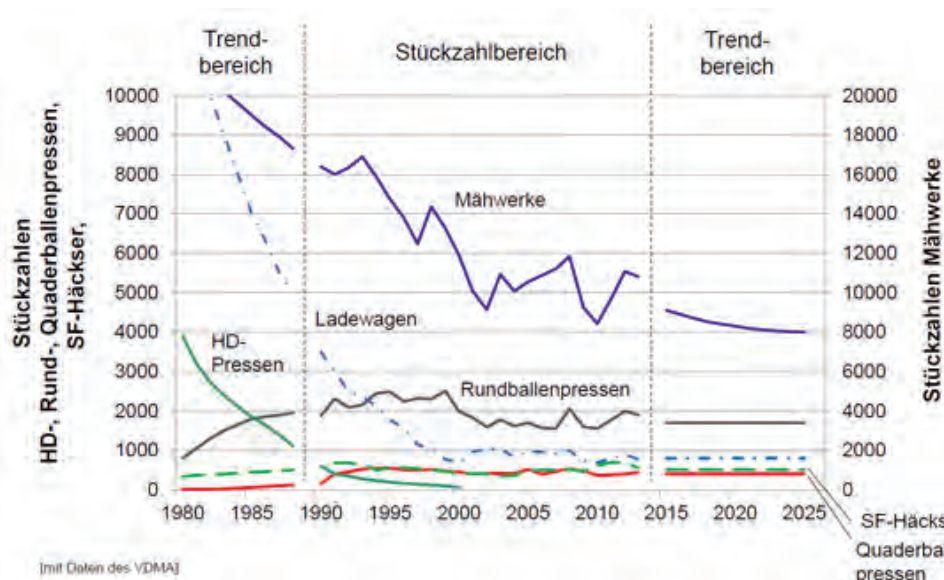


Abbildung 3: Marktentwicklungen der Halmguterntetechnik in Deutschland (Frerichs, 2014)

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 Kreiselzettwenders 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 Gärtsaft 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 Kreiselzettwenders 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-

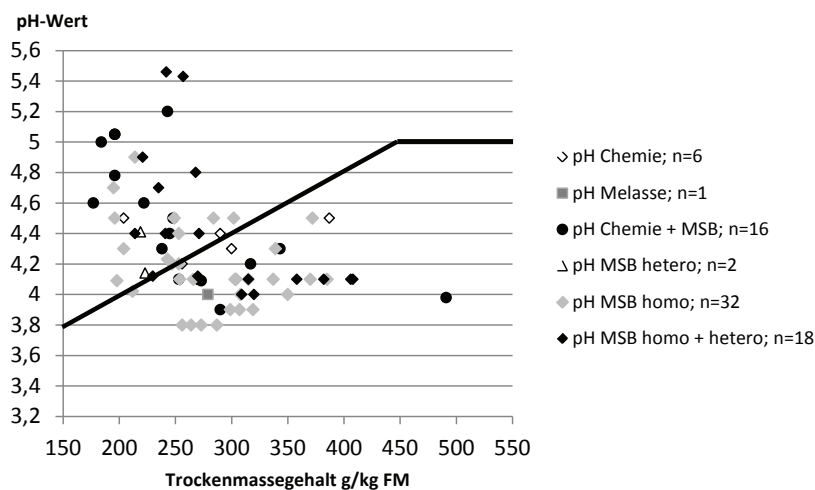


Abbildung 4: Eingesetzte Silierzusätze und Gärqualität beim ersten Aufwuchs 2013

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

Siliermittel, Silobau und Siloabdeckung: Aktuelles aus Recht und Beratung

Hansjörg Nußbaum^{1*}

Zusammenfassung

Die Kenntnis gärobiologischer Prozesse ist Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz von Silierzusatzmitteln. Dazu müssen die Eigenschaften einzelner Silierzusatzarten, die Futtereigenschaften, aber auch die betrieblichen Gegebenheiten bekannt sein. Bei der Mittelwahl ist das DLG-Gütezeichen aufgrund neutraler Versuchsergebnisse hilfreich. Für Silierzusatzstoffe schreibt die EU eine Zulassung der einzelnen Wirkstoffe vor. Zudem gilt es die Futtermittelhygiene-Verordnung mit Vorgaben zur Dokumentation zu beachten.

Eine gut geplante, richtig dimensionierte und fachgerecht erstellte Siloanlage ist der Grundstock einer guten Silage und beugt Gärverlusten vor. Neben bautechnischen Vorgaben müssen vor allem die aktuellen Regelungen des Wasser- und Umweltschutzes beachtet werden. Dabei sind bundeseinheitliche Regelungen mit verschärften Auflagen in Vorbereitung. Deshalb sollte sich der Landwirt bei der Vergabe an Firmen die Qualität (Beton, Betonfertigteile, Asphalt, Fugenmaterial etc.) und Dichtigkeit der Anlage vom Silobauer schriftlich zusichern lassen.

Das Erntegut muss unmittelbar nach Abschluss der Ernte luftdicht abgedeckt werden. Unabhängig von der Art der eingesetzten Silofolie sollte die Siloabdeckung bei festen Siloanlagen über den seitlichen Rand gezogen werden. Damit wird verhindert, dass Regenwasser und folglich Sauerstoff in die Silage eingetragen wird. Schräggehende Wände und ein seitlicher Erdwall begünstigen diese Art der Qualitätssicherung. Sowohl bei Siloanlagen mit als auch ohne feste Wände sollte grundsätzlich eine Unterzieh- sowie Silofolie zur Abdeckung eingesetzt werden. Dieser Grundaufbau kann mit einem Siloschutzgewebe oder -gitter als dritte Lage kombiniert werden. Bei stärkeren Folien (Multifolie oder Gewebefolie) kann auf das Schutzgewebe verzichtet werden. Neu sind Folien, bei denen Unterzieh- und Silofolien zusammen aufgerollt sind bzw. aneinander haften. Bei der Befestigung der Folien sind neue Systeme (Bügel, Clips, Schläuche) im Einsatz, die vor allem körperliche Arbeit reduzieren helfen.

Schlagwörter: Grassilage, Siliermittel, DLG-Gütezeichen, Silobau, Fahrsilo, Siloabdeckung, Silofolie

Einleitung

Die technischen Trends bei der Erzeugung von Grassilage sind von Löffler (2014) vom Mähen bis zur Einlagerung im Silo beschrieben worden. Der nachfolgende Beitrag befasst sich daher mit Einzelaspekten und betrachtet den Einsatz von Siliermitteln sowie Trends beim Bau und Abdecken von Silos.

Silierzusatzstoffe

Rechtliche Rahmenbedingungen

Silierzusatz- und Konservierungsstoffe sind europaweit geregelt. Sie gehören nach der EG-Verordnung 1831/2003 zu den Futterzusatzstoffen und unterliegen deshalb einer amtlichen Zulassung, bei der Wirksamkeit und Unbedenklichkeit aller Wirkstoffe geprüft werden. Seit 2010 dürfen in der EU nur noch zugelassene Wirkstoffe vertrieben und eingesetzt werden. Die Futtermittel-Hygiene-Verordnung (EG 183/2005) unterscheidet in der Anwendung zwischen Silier- und Konservierungsmitteln. Siliermittel können im Rahmen der sogenannten Primärproduktion ohne Auflagen eingesetzt werden. Sie unterliegen keiner Aufzeichnungspflicht. Demgegenüber muss sich der Betrieb beim Einsatz

von Konservierungsmitteln (z.B. Propion- oder Sorbinsäure) registrieren lassen und jeden Einsatz dokumentieren. Dazu zählt auch deren Einsatz bei der Behandlung von Anschnittflächen im Silo oder von Futtermischungen.

Einteilung und Merkmale von Silierzusätzen

Siliermittel greifen an verschiedenen Stellen in die biologischen Prozesse steuernd ein (Honig, 1987) verbessern die Silierbarkeit des Erntegutes oder unterdrücken Gär-schädlinge (McDonalds *et al.*, 1991). Die Mittel können nach ihrem Ansatzpunkt im Gärprozess eingeteilt werden (*Abbildung 1*). Sie kommen allein oder in Kombination zum Einsatz (Nussbaum, 2009a). Man unterscheidet Substrate, homo- oder heterofermentative Milchsäurebakterien sowie chemische Zusätze auf Basis von Neutralsalzen oder Säuren.

Eine detaillierte Beschreibung ist bei Nussbaum (2013a) zu finden. Eine untergeordnete Rolle spielen bisher Zusätze, die Enzyme wie z.B. Cellulasen oder Hemicellulasen enthalten. Futterharnstoff darf derzeit nicht zu Silier- oder Konservierungszwecken, jedoch als ernährungsphysiologischer Zusatzstoff beim Wiederkäuer zur Stickstoff-Ergänzung (insbesondere bei Maisprodukten) eingesetzt werden. Dieser Einsatz ist zu dokumentieren.

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

* Dr. Hansjörg NUSSBAUM, hansjoerg.nussbaum@lazbw.bwl.de

DLG-Gütezeichen

Bei der Auswahl von Silier- und Konservierungsmitteln leistet das DLG-Gütezeichen für Siliermittel wertvolle Hilfestellung. Zusätze mit DLG-Gütezeichen sind bei neutralen Versuchseinrichtungen nach DLG-Prüfrichtlinien mehrfach getestet worden und werden regelmäßig auf Zusammensetzung und Wirksamkeit überprüft (DLG, 2013). Im Gegensatz zur EU-Zulassung auf Basis einzelner Wirkstoffe umfasst das DLG-Gütezeichen marktgängige Silierzusätze mit oft mehreren Wirkstoffen. Das DLG-Gütezeichen unterscheidet Wirkungsgruppen und Anwendungsbereiche (Tabelle 1). Seit 2013 gibt es die Wirkungsrichtung 6, die den Methanerzeugungswert für Biogasbetriebe abgreift (Nussbaum und Staudacher 2012, Nussbaum 2012).

Derzeit gibt es über 60 positiv geprüfter Mittel auf dem Markt. Eine Übersicht über die DLG-geprüften Siliermittel, die bei einer Mittelauswahl vorrangig in Frage kommen, kann bei der DLG in einer Internet-Datenbank über www.guetezeichen.de oder www.dlg.org/siliermittel.html abgerufen werden. Für den Praktiker sind insbesondere Zusätze

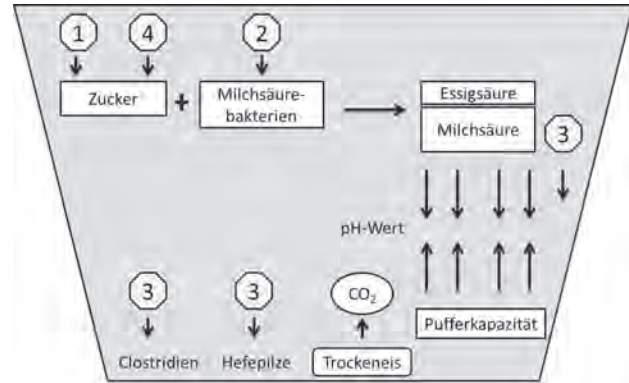


Abbildung 1: Ansatzpunkte verschiedener Siliermittel (Nussbaum 2006b). 1= Substrate; 2= Milchsäurebakterien; 3= Chem. Zusätze; 4= Enzyme; 5= Trockeneis.

wirtschaftlich interessant, die positive Effekte bei der Futteraufnahme bzw. Umsetzung in Milch oder Fleisch nach sich ziehen können (Over *et al.*, 2011). Für die Verleihung dieser Gütezeichen müssen in mehreren neutralen Versuchen signifikante Mehrleistungen von mindestens 1 Liter Milch pro Kuh und Tag bzw. in der Mast um 5% verbesserte Tageszunahmen nachgewiesen werden. Silierzusätze der Wirkungsrichtung 4cMilch beinhalten derzeit ausschließlich homofermentative Milchsäurebakterien (Nussbaum, 2006b).

Einsatzschema für Siliermittel mit DLG-Gütezeichen nach Silierbarkeit des Ausgangsmaterials und Gehalt an Trockenmasse

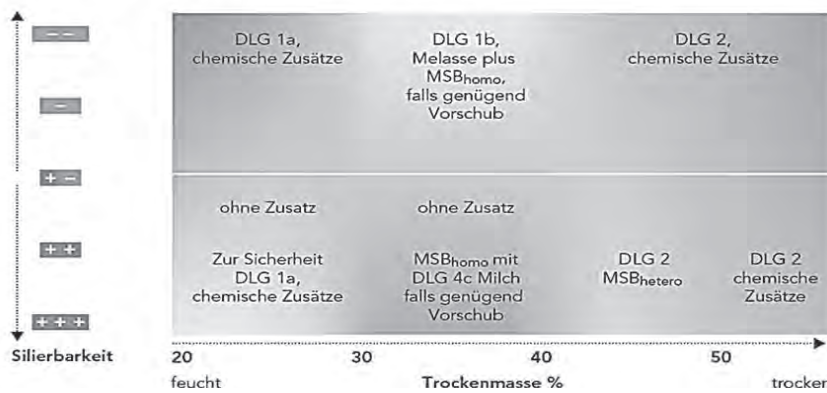


Abbildung 2: Einsatzschema für Siliermittel mit DLG-Gütezeichen nach Silierbarkeit des Ausgangsmaterials und Gehalt an Trockenmasse (Nussbaum, 2009c).

Tabelle 1: DLG-Gütezeichen: Einteilung der Wirkungsrichtungen und Anwendungsbereiche.

Wirkungsrichtung	Anwendungsbereich
1 Verbesserung des Gärverlaufes	a) schwer silierbares Futter b) mittelschwer bis leicht silierbares Futter im unteren TM-Bereich (< 35% TM) c) mittelschwer bis leicht silierbares Futter im oberen TM-Bereich (> 35 - 50% TM) d) spezielle Futterarten
2 Verbesserung der aeroben Stabilität	
3 Reduzierung von Gärsaft	
4 Verbesserung	a) des Futteraufnahmewertes b) der Verdaulichkeit der Silage c) des Fleisch- bzw. Milcherzeugungswertes der Silage
5 zusätzliche Leistungen	z.B. Verhinderung der Vermehrung von Clostridien
6 Verbesserung des Methanerzeugungswertes der Silage durch	a) Reduzierung von Gärverlusten b) Verhinderung von Nacherwärmung c) Sonstige Wirkungen

Beratung: Auswahlschema für Siliermittel bei Grassilage

Der Einsatz von Siliermitteln bei Grassilage kann sich an *Abbildung 2* orientieren, wobei der Hinweis erlaubt ist, dass diese wie jedes Schema vereinfachend ist und demnach nicht immer allen Gegebenheiten gerecht wird.

Trends in der Anwendung

Das DLG-Gütezeichen für Siliermittel ist trotz der aufwändigen EU-Zulassung weiterhin gefragt und Basis für den gezielten Einsatz, weil es marktgängige Produkte bewertet. Nach dem Zulassungsstau der EU werden wieder verstärkt Zusätze angemeldet und geprüft. Mit der EU-Zulassung unterliegen aber auch Siliermittel der einzelbetrieblichen Kontrolle vor Ort. In der Mittelformulierung ist ein klarer Trend zur Flüssigapplikation mit zunehmend kleiner werdenden Wassermengen (ULV-Verfahren) zu erkennen. Der mengenmäßige Einsatz von Zusätzen wird technisch zunehmend über Sensoren (Leitfähigkeit, NIRS, Chlorophyllgehalt) gesteuert Thaysen *et al.*, 2012). Für die Auswahl der Zusätze ist ein bewährtes Schema vorhanden, das von Firmenvertretern häufig nur einseitig im Sinne einer Absatzförderung eingesetzt wird. Deshalb sind Anwendungsfehler in

der Praxis leider noch weit verbreitet (Kung, 2009). Der Einsatz selbst nimmt in wachsenden Betrieben mit ausreichendem Entnahmevorschub zu.

Silobau

Rechtliche Grundlagen

Der Bau von Siloanlagen und anderen JGS-Anlagen (Jauche - Gülle - Sickersäfte) unterliegt in Deutschland verschiedenen gesetzlichen Regelungen. Dieses sind vor allem wasserrechtliche und baurechtliche Vorgaben, aber auch Bestimmungen in Natur-, Landschafts-, Wasser- oder Überschwemmungsschutzgebieten. So sind Siloanlagen in bestimmten Gebieten nicht oder nur eingeschränkt zulässig. Darüber hinaus müssen Vorgaben des Unfallschutzes und des Cross-Compliance beachtet werden.

Baurechtliche Umsetzungen sind in Deutschland Sache der einzelnen Bundesländer. Deshalb gilt es sich an der jeweiligen Landesbauordnung (LBO) zu orientieren. In einigen Bundesländern sind Siloanlagen verfahrensfreie Vorhaben, in anderen dagegen unterliegen sie dem normalen Genehmigungsverfahren. Für Siloanlagen gelten die Vorschriften für Sicherheit und Gesundheit bei Lagerstätten (VSG 2.2). Dort werden vor allem Vorgaben zum Schutz gegen Absturz und Ersticken geregelt. Generell gilt, dass Lagerstätten gegen Hineinstürzen von Personen und Fahrzeugen gesichert sein müssen, wenn die Absturzhöhe mehr als ein Meter beträgt.

Silagesickersäfte wie Gärsaft, Sickersaft oder verunreinigtes Niederschlagswasser müssen wegen ihrer Umweltrelevanz (Wassergefährdung) aufgefangen werden. Sie bedeuten zudem vermeidbare Energie- und TM-Verluste. Die bisherigen länderspezifischen Regelungen zur Lagerung und Ausbringung von Jauche, Gülle und Sickersaft (JGS) sollen von bundesweit einheitlichen rechtlichen Vorgaben in der „Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (AwSV) sowie den beiden technischen Regelwerken „Technische Regel wassergefährdender Stoffe“ (TRwS-792 und TRwS-793, Herausgeber: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, DWA; www.dwa.de) neu gefasst werden (Nussbaum, 2013b). Nicht verunreinigtes Niederschlagswasser aus Silageanlagen kann über die belebte Bodenschicht flächig versickert werden. Deshalb ist es sinnvoll, getrennte Ablaufsysteme für sauberes bzw. verunreinigtes Niederschlagswasser einzubauen.

Planung, Bemessung und Standort

Der Bedarf an Siloraum hängt in der Tierhaltung vorrangig von Tierzahl und Rationsgestaltung beziehungsweise von Futterfläche, Verdichtung und TM-Gehalt ab (Nussbaum, 2006a). Als Faustzahl für den gesamten Bedarf (z.B. Gras- und Maissilage) können je Milchkuh bei ganzjähriger Silagefütterung und einer durchschnittlichen Verdichtung von 200-225 kg TM/m³ rund 20-22 m³ und je Jungtier rund 10-12 m³ pro Jahr kalkuliert werden. Berechnet man den Raumbedarf über die vorhandenen Futterflächen, kann man bei Grünland überschlägig je Hektar ein Siloraumbedarf

von 15-17 m³ beim ersten und etwa 8-10 m³ bei jedem Folgeaufwuchs ansetzen (Nussbaum, 2010a). Die Zahl der einzelnen Kammern sowie das Silomanagement entscheiden darüber, ob und in welchem Umfang einzelne Silos mehrfach pro Jahr gefüllt werden können. Bei Silomais sind je nach Standort und Ertragslage 50 bis 80 m³ je Hektar zu kalkulieren. Bei Biogasanlagen kann der Substratbedarf für die Stromerzeugung einer Kilowattstunde (kWh) überschlägig mit 20 Tonnen Frischmasse (6-7 Tonnen Trockenmasse) bzw. rund 0,4 bis 0,5 ha und Jahr angesetzt werden. Für Silomais werden je nach Raumgewicht dafür rund 25 bis 30 Kubikmeter Siloraum je Jahr benötigt.

Damit die frisch eingebrachte Futterschicht hinsichtlich einer optimalen Verdichtung 20 bis 30 cm nicht übersteigt, sollte das Silo eine Mindestlänge von 40 Meter aufweisen. Eine Mindestbreite des Silos von 7 Metern lässt ein paralleles Abladen und Walzen zu. Das Walzfahrzeug muss vom ersten Wagen an möglichst ununterbrochen zum Einsatz kommen. Muss das Walzfahrzeug beim Entleeren der Erntewagen außerhalb des Silos warten, so reduziert sich seine Zeit für das eigentliche Verdichten. Ähnlich sieht es aus, wenn das Erntegut vor dem Silo abgeladen wird und vom Walzfahrzeug (Radlader) erst ins Silo geschoben und verteilt werden muss. Hinten geschlossene Siloanlagen haben dementsprechend von vorne herein eine reduzierte Walzleistung zur Folge. Besser gestaltet ist das Silo, wenn die Erntefahrzeuge durch das Silo fahren können. Eine Zufahrtsrampe sowie ein hinten zur Hälfte oder ein Drittel geschlossenes Silo (schräger oder gerader Abschluss) erleichtern die Durchfahrt.

Je höher die Silowand gebaut wird, desto billiger wird bei gleicher Grundfläche der erstellte Siloraum. Wird jedoch aufgrund hoher Wände der Mindestvorschub (Winter mind. 1,50 m/Woche, im Sommer mind. 2,50 m/Woche) nicht erreicht, dann ist eine Erwärmung der Silage häufig vorprogrammiert. Die Wandhöhe (bzw. Silostapelhöhe) darf nicht nach Baukosten, sondern muss alleine über den Mindestvorschub berechnet werden. Über Tierzahl, Futteraufnahme (kg TM/Tier und Tag), Rationsanteile der einzelnen Silagen und dem Silagegewicht (kg TM/m³) kann der wöchentliche Silagebedarf (m³/Woche) errechnet werden. Wird dieser Bedarf durch den Mindestvorschub (Meter/Woche) geteilt, ergibt sich die maximale Anschnittfläche (m²) für den Silostapel. Daraus kann dann über die Silobreite die maximale Wandhöhe ermittelt werden. Ein Rechenprogramm zur Berechnung und Optimierung von Siloanlagen ist auf der Homepage des Landwirtschaftlichen Zentrums Baden-Württemberg unter www.lazbw.de verfügbar.

Die Anzahl der einzelnen Kammern bzw. Silos hängt vom Anbauverhältnis (Grünland, Ackerfutterbau) und der Nutzungshäufigkeit der Futterarten sowie der Anzahl der unterschiedlichen Futtermitteln und der Rationsgestaltung ab. Je mehr Silokammern erstellt werden, desto leichter lassen sich Einzelschnitte getrennt lagern und Kammern doppelt füllen. Unabhängig von der Zahl der Einheiten muss es Ziel sein, eine Kammer möglichst innerhalb eines Tages komplett zu füllen und abzudecken. Ab einer Bergeleistung von über 20 (bei Gras) bzw. 25 (Mais) Tonnen Trockenmasse pro Stunde ist es empfehlenswert, parallel zwei Kammern zu befüllen oder zwei Walzfahrzeuge einzusetzen.

Die Anordnung der Silos im Betrieb soll den logistischen Anforderungen bei der Füllung und der Entnahme möglichst optimal genügen (Nussbaum, 2011). Es empfiehlt sich eine frühzeitige Gesamtplanung für den Betrieb, die auch Erweiterungen einschließt:

- Die Entnahmeseite sollte nicht nach Süden (Sonneneinstrahlung) und nicht zur Wetterseite ausgerichtet sein (Regen, Windangriff).
- Die An- und Abfahrten vor den Silos sollten befestigt sein, damit nicht unnötig Sand und Schmutz in die Silage gelangen.
- Die befestigte Rangierplatte sollte für die großen Transportgespanne sowie Walz- und Verteilschlepper mindestens 8, besser 10 bis 12 Meter Breite aufweisen.
- Die Siloanlage darf die Erweiterung der Stallanlagen nicht behindern.
- Die Siloanlage muss in der Länge und um weitere Einheiten erweiterbar sein.
- Zur Futterzentrale gehören Siloanlage und das Komponentenlager. Der Mischwagen muss aus arbeitswirtschaftlichen Gründen an einem zentralen Platz mit Silagen und Einzelkomponenten befüllt werden können.
- Damit die Silofolie über die Wand gezogen werden kann, ist ein Abstand zum Nachbarsilo von einem Meter sinnvoll. Der Zwischenraum wird entweder mit Kies frostsicher hinterfüllt oder aber zur Ableitung des Regenwassers als feste Rinne ausgebildet. Sollen Paletten mit Siloabdeckmaterial mit dem Radlader abgesetzt werden, sind etwa zwei Meter Abstand sinnvoll.
- Die Beschaffenheit der Wand- und Bodenfläche muss eine leichte Reinigung zulassen.
- Das Oberflächenwasser muss von der Folie und der sauberen Betonfläche gesondert ablaufen können.
- Die Abwässer von der Anschnittstelle und dem Beladepplatz des Futterwagens gelten als belastet und müssen separat aufgefangen und gelagert werden.

Ausführung

Fahrtilos

Silowände können als Ortsbeton bzw. mit Betonfertigteilen erstellt werden (Materialanforderungen siehe DIN11622). Der Siloboden bzw. die Silierplatte wiederum werden vor Ort betoniert oder aber asphaltiert. Für die Betonqualität sind entsprechende Vorgaben (Säureangriff) einzuhalten. Bei der Verwendung von Asphalt in Siloanlagen sollte dieser kalkfreie Zuschläge sowie keinen Recyclingasphalt enthalten. Der Hohlraumgehalt sollte kleiner als 3 Vol.-% sein und die Nähte sowie Verbindungen zwischen Bodenplatte und Wand fachgerecht ausgeführt sein. Details sind auch in einem Beitrag „Walzasphalt zur Abdichtung landwirtschaftlicher Fahrtiloanlagen“ im Internet unter www.asphalt.de zu finden.

Um jede Silokammer separat zu entwässern und folglich sauberes und verschmutztes Niederschlagswasser trennen zu können, soll jedes Silo mindestens einen doppelten Ein-

lauf (Trennsystem) aufweisen. Wenn neben dem Gefälle in Entnahmerichtung (1-2%) auch ein Quergefälle eingebaut wird, sollte dieses jedoch nicht auf einen der beiden Wandfüße ausgerichtet sein, sondern den Tiefpunkt mindestens einen Meter davon entfernt haben.

Damit kein Regenwasser in die fertige Silage eindringt und diese verdirbt, ist es zweckmäßig, wenn nach dem Befüllen das Silo komplett voll oder sogar leicht überwölbt ist. Dann kann die Silofolie über den Silorand hinaus gezogen werden. Eine zur Entnahmeseite auslaufende Wandform begünstigt somit die sorgfältige, luft- und wasserdichte Abdeckung der Silage. Gerade Wände erleichtern die Futterentnahme mit Blockschneider, Silokamm, Zange oder Fräsmischwagen. Die Silage kann nahezu komplett entnommen werden. Bei schräg stehenden Wänden (Winkel etwa 123°) bleibt nach der Entnahme ein seitlicher Keil stehen, der per Hand oder Frontladerschaufel aufgeladen werden muss.

Tabelle 2: Durchmesser von Siloschläuchen und Lagerkapazität

Durchmesser m	2,4	2,7	3,0	4,2
Volumen m ³ je Meter Schlauch	4,5	5,7	7,0	13,8
Lagervolumen m ³ bei 75 Meter Schlauchlänge	340	430	525	1035

Siloschlauch/Silospeed

Siloschläuche werden in verschiedenen Längen (30 bis 150 Meter) und Querschnitten (1,5 bis 4,2 m) angeboten. Entsprechend groß ist die Lagerkapazität (Tabelle 2). Die Befüllung erfolgt durch Schlauchpressen mit einer Leistung von über 100 bis 180 Tonnen je Stunde (Rössl und Wagner, 2010).

Ein ähnliches Prinzip stellt die Einlagerung im Silotunnel (Silospeed) dar. Sowohl Siloschlauch wie auch Silotunnel stellen Verfahren mit hoher Leistung und Flexibilität dar. Vorteilhaft sind niedrige Verluste durch sofortigen Luftabschluss und in Folge kleiner Anschnittflächen das geringe Risiko von Nacherwärmung bei der Entnahme. Dem müssen Kosten und Folienverbrauch gegenübergestellt werden.

Trends und Beratung

Im Silobau setzen sich Fahrtilos sowohl gegenüber Hochsilos (Kostenfaktor) als auch Silierplatten bzw. Freigärhaufen ohne feste Seitenwände aufgrund wasserrechtlicher Bestimmungen und der meist besseren Silagequalität durch. Der Trend geht hin zu breiteren (über 7-8 m) und längeren (über 40 m) Fahrtilos, damit die frisch eingebrachten Schichten nicht zu hoch ausfallen.

Der Vorschub wird über die Höhe der Silowand gesteuert. Mehrere Kammern erleichtern das Silomanagement, schrägstehende Wände die Walzarbeit. Rund- oder Quaderballen finden vor allem bei kleineren Betrieben Anwendung oder wenn Restpartien oder Übermengen versorgt werden müssen. Siloschläuche kommen dann ebenfalls zum Einsatz, wobei mit diesem System auch häufig andere Futterarten wie Biertreber oder Zuckerrübenpressschnitzel einsiliert werden.

Siloabdeckung

Ziele

Silagen müssen luftdicht abgedeckt werden, andernfalls drohen Schimmelbildung, Fäulnis, Nacherwärmung oder gar Totalverluste. Silofolien müssen vor allem gasdicht, säure- und lichtbeständig sowie mechanisch stabil sein. Hinweise dazu gibt das DLG-Gütezeichen für Silofolien. Je schneller nach der letzten Befüllung und dem Nachwalzen ein luftdichter Abschluss mittels Silofolien hergestellt wird, desto günstigere Gärbedingungen werden geschaffen. Das Risiko der Schimmelbildung und Nacherwärmung wird so vermindert. Gleichzeitig verhindert eine sorgfältige Abdeckung das Eindringen von Regenwasser.

Ausführung

Im Aufbau der Siloabdeckung sind heute Unterziehfolie (transparent, Folienstärke 40 µm) plus Silofolie (eingefärbt, UV-stabilisiert, 110-200 µm) plus Siloschutznetz bzw. -gewebe längst Standard. Alternativ kommen schwere Multifolien (500 µm) oder Gewebefolien (650 g/m²) bzw. dicke Vliese direkt über der Unterziehfolie zum Einsatz (Nussbaum, 2010b). Mit größeren Silos werden auch die Folienbahnen immer länger und die Rollen immer schwerer. Das Aufbringen der Folie, insbesondere bei Wind, stellt dann harte Arbeit dar. Deshalb gibt es verschiedene Ansätze, wie diese unbeliebte und zeitraubende Tätigkeit erleichtert werden kann.

Unabhängig von der Art der eingesetzten Silofolie sollte die Siloabdeckung bei festen Siloanlagen über den seitlichen Rand gezogen werden (Abbildung 3). Damit wird verhindert, dass Regenwasser und folglich Sauerstoff in die Silage eingetragen wird. Verfaulte, modrige Silageecken können so verhindert werden. Schräg stehende Wände und ein seitlicher Erdwall begünstigen diese Art der Qualitätssicherung. Sowohl bei Siloanlagen mit als auch ohne feste Wände sollte grundsätzlich eine Unterziehfolie sowie eine Silofolie zur Abdeckung eingesetzt werden. Dieser Grund-

aufbau kann mit einem Siloschutzgewebe oder -gitter als dritte Lage kombiniert werden. Ausgediente Förderbänder oder Lastwagenplanen können alternativ dazu ebenfalls als Schutz vor Wind und mechanischen Verletzungen dienen. Bei stärkeren Folien (Multifolie oder Gewebefolie) kann auf das Schutzgewebe verzichtet werden, nicht aber auf die jährlich zu erneuernde Unterziehfolie.

Aufgrund der besonderen Beanspruchung (Säureangriff, Sonnenlicht, mechanische Belastung) bestehen hohe Anforderungen an die Folienqualität. Hier bietet das DLG-Gütezeichen für Silofolien eine gute Orientierung (www.guetezeichen.de).

Dafür werden Folien u.a. auf UV-Beständigkeit, Gasdurchlässigkeit sowie Dehn- und Reißfestigkeit geprüft und weitere Materialeigenschaften kontrolliert.

Trends

Bisher kommen überwiegend Folien aus Polyethylen (PE) zum Einsatz, die unterschiedlich eingefärbt sein können. Folien aus alternativen, abbaubaren Materialien haben sich bisher nicht bewährt (Uhl *et al.*, 2011). Derzeit sind zwei Entwicklungen zu beobachten. Zum einen besteht ein Trend zu dickeren, mehrjährig verwendbaren Folien (500 µm), die jährlich mit einer neuen Unterziehfolie kombiniert werden. Es gibt jedoch auch eine gegenläufige Entwicklung, bei der immer dünnere Folien (110 - 120 µm) verwendet werden. Bei diesem System werden sowohl Unterzieh- als auch Silofolie nur einmal eingesetzt.

Inzwischen gibt es eine Unterziehfolie, die aus Polyethylen (PE) und Polyamid (PA) besteht (Orosz *et al.*, 2012). PA weist eine sehr geringe Gasdurchlässigkeit und hohe Dehn- und Reißfähigkeit auf. Nachteilig sind hohe Kosten sowie das Materialgemisch im Recycling-Prozess. Eine neue Entwicklung sind Silofolien, bei denen die Unterziehfolie an der Silofolie anhaftet und beide Folien zusammen ausgelegt werden (2in1). Diese Silofolie kombiniert eine Unterziehfolie aus PA (20 µm) mit einer UV-stabilen PE-Folie (80 µm). Die Unterziehfolie löst sich nach dem Auslegen durch Wasseraufnahme aus der Silage von der Silofolie. Dieses System spart Material- und Arbeitskosten, da in einem Arbeitsgang beide Folien ausgelegt werden. Das ist insbesondere bei windigem Wetter von großem Vorteil. Die Praxiserfahrungen sind positiv, wobei bei längerer Lagerdauer ein zusätzliches Schutzgewebe als mechanischer Schutz empfohlen wird (Nussbaum, 2013c). Neuerdings bietet der Handel Silofolien an, bei denen auf einer Rolle Unterzieh- und Silofolie zusammen aufgewickelt sind. Sie können so arbeitssparend in einem Arbeitsgang ausgelegt werden. Bekannt sind auch Systeme, bei denen auf die Unterziehfolie ausschließlich ein Geotextilvlies aufgebracht wird. Klettverschlüsse fixieren dabei die Vliese aneinander.

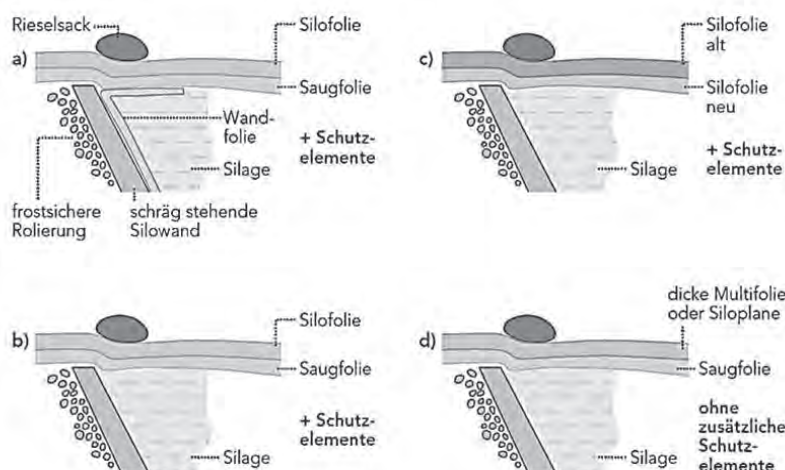


Abbildung 3: Aufbau der empfohlenen Siloabdeckung (schematisiert). Quelle: Spiekers, Nußbaum, Potthast: „Erfolgreiche Milchviehfütterung“, DLG-Verlag 2009.

Bei der Befestigung von Silofolien werden Silosäcke eingesetzt. Eine Befüllung mit Kies (2/3 befüllt) hat gegenüber einer Sandbefüllung den Vorteil, dass Wasser hindurchsickern kann. Das Aufbringen der Materialien zur Befestigung oder Beschwerung stellt eine starke körperliche Belastung dar. Deshalb werden alternative Systeme angeboten, die von Bügeln (System Duhamel) über Clip-Systeme (Böck) bis hin zu Wasserschläuchen (Durchmesser 20 cm) reichen (Nussbaum, 2013d). Letztere sind für Entnahmezeiten ohne Frostgefahr geeignet. Beim Einsatz von Bügeln oder Spannclipsen müssen auf der Silowand Halterungen angebracht werden. Zur Querfixierung kommen vor allem bei großen Siloanlagen (Biogas) auch Spanngurte zum Einsatz. Alternativ können „Bauchbinden“ verwendet werden, die quer über den Haufen gespannt werden und teilweise Laschen zur Fixierung von Silosäcken aufweisen.

Literatur

- DLG (DLG-Siliermittel-Kommission) 2013: DLG-Richtlinien für die Prüfung von Siliermitteln auf DLG-Gütezeichen-Fähigkeit. Bearbeitet von Nussbaum, H., Auerbach, H., Hünting, K., Kathrey, D., Ostertag, J., Pahlow, G., Pauly, T., Rahn, S., Rubenschuh, U., Spiekers, H., Staudacher, W., Südekum, L.-H., Thaysen, J., Töpfer, A., Thaysen, J., DLG-Testzentrum, Groß-Umstadt.
- Honig, H., 1987: Gärbiologische Voraussetzungen zur Gewinnung qualitätsreicher Anweilsilage. In: Grünfütterernte und -konservierung, KTBL-Schrift 318, 47-59.
- Kung, L., 2009: Potential factors that may limit the effectiveness of silage additives. Proceedings of the 15th international silage conference, 27-29 July in Madison, Wisconsin, USA. 37-45.
- Löffler, Ch., 2014: Trends bei der Produktion von Grassilage. Tagungsband des 19. Alpenländisches Expertenforums am 03. April 2014 in Gumpenstein, Österreich.
- McDonald, P., Henderson, N., Heron, S., 1991: The Biochemistry of silage. Chalcombe Publications, 2nd Ed, Academic Press London and New York.
- Nussbaum, H., 2006a: Fahrtilos - Auf die richtige Größe kommt es an. BW Agrar, Heft 4, 12-14.
- Nussbaum, H., 2006b: Silierzusätze und Steigerung der Milchleistung. Landinfo 02/2006, 51-54.
- Nussbaum, H., 2006c: Siliermittel richtig auswählen. Rheinische Bauernzeitung, Heft 15, 22-24.
- Nussbaum, H., 2009a: Kombisiliermittel: Aufgepasst beim Einsatz. BW Agrar (Schwäbischer Bauer) 16/2009, 14-17.
- Nussbaum, H., 2009b: Futterkonservierung. In: Spiekers, H., Nussbaum, H. und Potthast, V., Erfolgreiche Milchviehfütterung. DLG-Verlag Frankfurt a.M., 111-203.
- Nussbaum, H., 2009c: Ensiling energy crops without plastic film cover: Part 1 Effects on silage quality. Proceedings XVth International Silage Conference, Madison, Wisconsin, 431-432.
- Nussbaum, H., 2009d: Ensiling energy crops without plastic film cover: Part 2 Effects on biogas yield. Proceedings XVth International Silage Conference, Madison, Wisconsin, 433-434.
- Nussbaum, H., 2010a: Nicht stiefmütterlich planen und bauen. Land&Forst, Heft 14, 58-60.
- Nussbaum, H., 2010b: Damit Luft und Regen nicht darankommen. Badische Bauern Zeitung, Heft 16, 25-27.
- Nussbaum, H., 2011: Fahrtilo. In: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. Auflage 2011, DLG e.V. Frankfurt am Main, 99-109.
- Nussbaum, H., 2012: Effects of silage additives based on homo- or heterofermentative lactic acid bacteria on methane yields in the biogas processing Proceedings of the XVth International Silage Conference, Hämeenlinna, Finland, 452-453.
- Nussbaum, H., Staudacher, W., 2012: Methane yield - a new DLG-test scheme for silage additives Proceedings of the XVth International Silage Conference, Hämeenlinna, Finland, 450-451.
- Nussbaum, H., 2013a: Der Einsatz von Silierzusatzstoffen bei Grassilage. Tagungsband der 40. Viehwirtschaftlichen Fachtagung 2013 in Gumpenstein, Österreich. 73-81.
- Nussbaum, H., 2013b: Versickern verboten - wasserrechtliche Regelungen zum Bau von Siloanlagen. Bauernzeitung (Berlin) 17/2013, 32-35.
- Nussbaum, H., 2013c: Zwei in Eins-Folie spart Arbeit und Zeit. Top agrar 4/2013, R10-R12.
- Nussbaum, H., 2013d: Futterkonservierung. In: Lütke Entrup, N., Schwarz, F.J., Heilmann H., 2013: Handbuch Mais. Deutsches Maiskomitee e.V. Bonn, 264-288.
- Orosz, S., Wilkinson, M., Wigley, S., Bíró, Z., Galló, J., 2012: Oxygen barrier film improves fermentation, microbial status and aerobic stability of maize silage in the upper 30 cm of the silo Proceedings of the XVth International Silage Conference, Hämeenlinna, Finland, 292-293.
- Over, R., Nussbaum, H., Spiekers, H., 2011: Wirtschaftlichkeit des Siliermitteleinsatzes in Mais. In: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. DLG-Verlag, Frankfurt a.M..
- Rössl, G., Wagner, A., 2010: Schlauchsilierung - Verfahrensbeschreibung und -bewertung. Biogas Forum Bayern, Heft Nr. II-13. Herausgeber: ALB Bayern e.V., Freising.
- Spiekers, H., Nussbaum, H., Potthast, V., 2009: Erfolgreiche Milchviehfütterung. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Thaysen, J., Frenker, A., Auerbach, H., 2012: Precision farming - online determination of yield and dry matter and yield-depending silage additive application in grass and maize Proceedings of the XVth International Silage Conference, Hämeenlinna, Finland, 312-313.
- Uhl, A., Weinfurter, S., Brückner, S., Weinert, A.Th., Rößl, G., Eitle, Th., Gassner, Th., Remmele, E., Röder, O., Ostertag, J., Spiekers, H., 2011: Entwicklung einer Siloabdeckung aus nachwachsenden Rohstoffen. Bericht TFZ 27. Herausgeber: Technologie und Förderzentrum Straubing.
- Verordnung (EG) Nr. 183/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene. ABl. Nr. L35 S.1, ber. ABl. 2008 Nr. L50 S.71), EU-Dok.-Nr. 3 2005 R 0183, zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndVO (EU) 225/2012 vom 15.3.2012 (ABl. Nr. L77 S.1).
- Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung. ABl. Nr. L268 S.29, ber. ABl. 2004 Nr. L192 S.34, ABl. 2007 Nr. L98 S. 29), EU-Dok.-Nr. 3 2003 R 1831, zuletzt geändert durch Art. 29 ÄndVO (EG) 767/2009 vom 13.7.2009 (ABl. Nr. L229 S. 1).

Einfluss von Schnitthöhe und Gülleapplikation auf die Qualität von Grassilagen

Ueli Wyss^{1*}

Zusammenfassung

In einem Versuch wurde der Einfluss der Schnitthöhe auf den Nährwert und die Gärqualität der Silagen untersucht. Eine Kunstwiese wurde im Herbst auf 8 cm und auf 4 cm hoch gemäht. Ein Teil des Futters beider Varianten wurde direkt einsiliert. Der andere Teil des Futters wurde gezettelt und erst am nächsten Tag mit einem höheren Trockenmasse (TM)-Gehalt einsiliert.

Beim direkt einsiliierten Futter beeinflusste die Schnitthöhe den Rohaschegehalt und den Netto-Energie-Laktation-Gehalt (NEL) im Ausgangsmaterial und in den Silagen sehr stark. Durch das leichte Anwelken nahm der Rohaschegehalt ab.

Bedingt durch die hohen Nitratgehalte im Ausgangsmaterial fand in allen Silagen keine beziehungsweise nur eine begrenzte Buttersäuregärung statt. Auffgefallen sind vor allem bei den Silagen mit dem direkt einsiliierten Futter die hohen Essigsäuregehalte mit entsprechend tiefen DLG-Punkten.

In einem weiteren Versuch wurde der Einfluss von unterschiedlichen Gülleapplikationsverfahren (Breitverteiler, Schleppschlauch und Schleppschuh) auf die Silagequalität untersucht. Obwohl im Futter vor dem Einsilieren nur ein tiefer Clostridienbesatz festgestellt wurde, fand eine Buttersäuregärung statt. Die höchsten Buttersäuregehalte wiesen die Silagen vom Verfahren Breitverteiler - späte Gülleapplikation auf.

Schlagwörter: Grassilage, Silagequalität, Clostridien, Schnitthöhe, Gülleapplikation

Summary

In a trial the influence of the cutting height on the nutritive value and the fermentation quality was investigated. Forage of a ley was cut on 8 and 4 cm. A part of the forage of both treatments was ensiled directly. The rest of the forage was tedded and ensiled the next day with a higher dry matter content.

The cutting height strongly influenced the ash content as well as the energy-content of the forage which was ensiled directly. By pre-wilting the ash content was reduced.

As a result of the high nitrate contents no or only traces of butyric acid were produced. In the silages Which were ensiled directly high levels of acetic acid were found. These silages had little DLG-points.

In another experiment, the influence of different slurry application methods (broadcast, band spread and trailing shoe) was investigated on the silage quality. Although, only few clostridial spores were found in the fresh grass, butyric acid fermentation took place. The highest butyric acid contents showed the silages of the variant broadcast - late slurry application.

Keywords: grass silage, silage quality, clostridia, cutting height, slurry application

Einleitung und Problemstellung

Die Silagequalität wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dabei spielt das Ausgangsmaterial und die Einhaltung der Silierregeln eine entscheidende Rolle. Hohe Rohaschegehalte beziehungsweise Verschmutzungen im Futter können sich mehrfach negativ auf die Silagequalität auswirken. Sie führen zu einem tieferen Nährwert im Futter, steigern das Risiko einer Buttersäuregärung und wirken sich negativ auf den Futtermverzehr und die Verdauung im Pansen aus. Besonders durch eine tiefe Schnitthöhe wird das Futter stärker verschmutzt. Damit weniger Futter auf dem Feld liegen bleibt, werden auch die Zetter, Schwader und Pick-ups tiefer eingestellt, was wiederum die Futtermverschmutzung fördert. Daten aus dem österreichischen Silageprokekt zeigen klar, dass die Schnitthöhe einen hoch signifikanten Einfluss auf den Rohasche- und Buttersäuregehalt hat (Resch, 2008).

Mit der Ausbringung der Gülle gelangen viele Bakterien (z.B. Clostridien) auf den Boden beziehungsweise auf das Futter. Je höher der Pflanzenbestand ist, umso grösser ist die Gefahr, dass man Güllereste mitsiliert. Bei der Ausbringung der Gülle mit dem Schleppschlauch gelangt die Gülle zwar nicht direkt auf die Pflanzen, doch bei nicht ausreichend verdünnter Gülle, hohen Beständen und anhaltender Trockenheit nach Ausbringung sind Futtermverschmutzungen bedingt durch die Güllereste, die als Strohrefen auf dem Gras liegen, zu befürchten. Schlechte Silagequalitäten sind die Folge.

Nach Lorenz und Steffens (1996) wiesen Silagen von Futter, welches mit dem Breitverteiler gegüllt wurde, rund doppelt so hohe Gehalte an Buttersäure auf im Vergleich zum Schleppschuhverfahren. Nach den Untersuchungen von Beck (2011) konnte kein gesicherter Unterschied zwi-

¹ Agroscope - Institut für Nutztierwissenschaften INT, Case postale 64, CH-1725 POSIEUX

* Dipl.-Ing. Agr. ETHZ Ueli WYSS, ueli.wyss@agroscope.admin.ch

schen den beiden Gülleausbringvarianten Breitverteiler und Schleppschlauch hinsichtlich der Clostridienkeimzahlen im Schnittgut festgestellt werden. Hingegen wirkte sich hier die Schnitthöhe des Futters stark auf die Clostridien auf.

In unseren Versuchen sollten die Zusammenhänge zwischen der Schnitthöhe und der Silagequalität sowie zwischen verschiedenen Gülleapplikationsverfahren und der Silagequalität untersucht werden.

Material und Methoden

Versuch mit zwei unterschiedlichen Schnitthöhen

Im Herbst 2006 wurde an Agroscope in Posieux (630 m ü. M) eine Kunstwiesenmischung (Standardmischung 430, 1. Hauptnutzungsjahr, 5. Schnitt) mit einem Frontmäherwerk unterschiedlich hoch geschnitten. Ein Teil der Parzelle wurde bei einer Höhe von 8 cm und ein anderer Teil bei einer Höhe von 4 cm geschnitten. Ein Teil des Futters beider Varianten wurde direkt mit einem Ladewagen geerntet und anschliessend in Laborsilos zu 1.5 l Inhalt (3 Silos pro Variante) einsiliert. Der andere Teil des Futters wurde gezettet und erst am nächsten Tag mit einem höheren T-Gehalt einsiliert. Im Weiteren wurde von jeder Variante unbehandeltes oder mit Siliermitteln behandeltes Futter einsiliert. Obwohl der Einsatz von Milchsäurebakterienpräparaten bei nassem Futter nicht empfohlen wird, wurden unter diesen schwierigen Bedingungen neben einem Siliersalz auch zwei unterschiedliche Milchsäurebakterienprodukte getestet.

Nach einer Lagerdauer von 160 Tagen wurden die Silos geöffnet und die Gehalte an Rohnährstoffen, Ammoniak, Gärtsäuren und Ethanol sowie die pH-Werte in den Silagen analysiert. Zur globalen Beurteilung der Silagequalität wurden die DLG-Punkte berechnet (DLG 2006).

Versuch mit unterschiedlichen Gülleapplikationsverfahren

An Agroscope in Tänikon wurden im Herbst 2012 Kleinparzellen (2.9 x 6 m) mit einer Klee-Gras-Mischung und einem Gras-Reinbestand angelegt, jeweils drei Wiederholungen pro Variante. Die folgenden vier Hauptverfahren wurden verglichen:

1. Gülle - Breitverteiler
2. Gülle - Schleppschlauch
3. Gülle - Schleppschuh
4. Mineralische Düngung (unterschiedliche N-Gaben)

Die Düngung erfolgte jeweils zu zwei Zeitpunkten (früh und spät nach dem Schnitt) und es wurde unverdünnte und verdünnte Gülle eingesetzt.

Im Jahr 2013 wurden vom ersten, dritten und vierten Aufwuchs von den vier Verfahren vom Gras-Reinbestand - zwei Applikationstermine und unverdünnte Gülle - Grasproben genommen und das Futter in 1.5 l Laborsilos (3 Silos pro Verfahren) einsiliert. Das Futter wurde nicht angewelkt. Neben den Rohnährstoffen wurden im Ausgangsmaterial auch die Clostridien (Filtrationsmethode, Jakob, 2011)

bestimmt. Nach einer 90-tägigen Silierdauer wurden die Rohnährstoffe und die Gärparameter bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Versuch mit zwei unterschiedlichen Schnitthöhen

Gehalte im Ausgangsmaterial

Die Schnitthöhe beeinflusste den Rohaschegehalt des Ausgangsmaterials sehr stark. Die Variante tiefe Schnitthöhe wies im Vergleich zum hoch geschnittenen Futter fast 100 g mehr Rohasche auf (*Tabelle 1*). Dies wirkte sich entsprechend auf den NEL-Gehalt aus. Dieser betrug 5.2 bzw. 6.0 MJ pro kg TM.

Untersuchungen von Schröpel (2004) zeigen, dass die Rohaschegehalte bei Tiefschnitt von Schnitt zu Schnitt, insbesondere bei Herbstschnitten, im Futter stark zunehmen.

In unseren Untersuchungen führten die hohen Rohaschegehalte durch den Verdünnungseffekt beim Rohprotein-, Rohfaser- und Zuckergehalt zu tieferen Werten. Der Vergärbarkeitskoeffizient (VK), der mit den Parametern TM-Gehalt, Zuckergehalt und Pufferkapazität berechnet wird, ist ein guter Massstab für die Silierbarkeit (Weissbach und Honig 1996). Beim direkt einsiliierten Futter lagen die Werte bei 25 beziehungsweise 26. Das Futter ist dadurch als schwer silierbar einzustufen (VK < 35).

Hingegen wies das Futter sehr hohe Nitratgehalte auf. Es ist bekannt, dass vor allem bei intensiver Düngung im Herbstgras hohe Nitratgehalte auftreten können (Wyss 2002).

Durch das leichte Anwelken des Futters nahm der Rohaschegehalt beim Tiefschnitt um fast 90 g ab und die Werte waren mit 140 beziehungsweise 150 g zwischen dem Hoch- und Tiefschnitt sehr ähnlich (*Tabelle 1*). Dies bedeutet, dass erdige Verunreinigungen durch den Abtrocknungsprozess auf den Boden gefallen sind. Die NEL-Gehalte des Futters unterschieden sich dennoch um 0.3 MJ. Dies ist darauf

Tabelle 1: Gehaltswerte und Nährwerte des Ausgangsmaterials vor dem Einsilieren

Anwelgrad Schnitthöhe		direkt einsiliert		leicht angewelkt	
		8 cm	4 cm	8 cm	4 cm
TM-Gehalt	%	17.4	17.9	24.4	22.3
Rohasche	g/kg TM	145	237	140	150
Rohprotein	g/kg TM	216	180	215	205
Rohfaser	g/kg TM	230	215	227	238
Zucker	g/kg TM	72	59	75	71
Nitrat	g/kg T	9.5	10.5	9.6	11.6
VK		25	26	32	31
NEL	MJ/kg TM	6.0	5.2	6.1	5.8
APDE	g/kg TM	108	93	108	104
APDN	g/kg TM	144	120	143	137

Zucker: ethanollösliche Kohlenhydrate

VK: Vergärbarkeitskoeffizient

NEL: Netto-Energie-Laktation

APDE: Absorbierbares Protein im Darm, das auf Grund der verfügbaren Energiemenge aufgebaut werden kann.

APDN: Absorbierbares Protein im Darm, das auf Grund des abgebauten Rohproteins aufgebaut werden kann.

Tabelle 2: Gehaltswerte, Nährwerte und Gärparameter der Silagen

Anwelckgrad Schnitthöhe		direkt einsiliert		leicht angewelkt	
		8 cm	4 cm	8 cm	4 cm
TM-Gehalt	%	16.7	16.6	24.1	21.4
Rohasche	g/kg TM	177	267	170	173
Rohprotein	g/kg TM	224	183	216	205
Rohfaser	g/kg TM	242	231	236	244
Zucker	g/kg TM	7	5	8	8
NEL	MJ/kg TM	5.6	4.7	5.7	5.5
APDE	g/kg TM	73	61	75	73
APDN	g/kg TM	139	114	135	128
pH		4.9	4.9	4.6	4.6
Milchsäure	g/kg TM	80	67	130	112
Essigsäure	g/kg TM	87	77	55	53
Propionsäure	g/kg TM	9	9	2	2
Buttersäure	g/kg TM	0	0	3	3
Ethanol	g/kg TM	7	7	4	2
NH ₃ -N/N total	%	12.5	14.5	10.9	11.7
Gärgasverluste	%	6.6	6.3	4.9	4.8
DLG-Punkte		20	28	49	52

Zucker: ethanollösliche Kohlenhydrate
 NEL: Netto-Energie-Laktation
 APDE: Absorbierbares Protein im Darm, das auf Grund der verfügbaren Energiemenge aufgebaut werden kann.
 APDN: Absorbierbares Protein im Darm, das auf Grund des abgebauten Rohproteins aufgebaut werden kann.
 NH₃-N/N total: Ammoniakstickstoffanteil am Gesamtstickstoff

zurückzuführen, dass das tiefer geschnittene Futter höhere Rohfaser- und tiefere Rohproteingehalte aufwies. Die Schnitthöhe beeinflusste auch den Abtrocknungsprozess des Futters. Das höher geschnittene Futter wies einen leicht höheren T-Gehalt als das tief geschnittene Futter auf. Durch das leichte Anwelken wurden auch die Vergärbarkeitskoeffizienten erhöht. Doch das Futter galt immer noch als schwer silierbar.

Gehaltswerte in den Silagen

In allen Silagen waren die TM-Gehalte tiefer als im Ausgangsmaterial. Ein Grund dafür ist die Tatsache, dass kein Gärtaft abfließen konnte. Durch die starke Abnahme des Zuckergehaltes, bedingt durch den Gärprozess, nahmen die Rohaschegehalte in allen Silagen noch zu (Tabelle 2). Auch die Rohfaser- und Rohproteingehalte waren in den Silagen leicht höher als im Ausgangsmaterial. Dies führte dazu, dass die NEL-Gehalte in den Silagen tiefer waren als im Ausgangsmaterial. Beim direkt einsilierten Futter betrug der Unterschied 0.9 MJ NEL zwischen dem Tief- und Hochschnitt. Durch das leichte Anwelken des Futters war der Unterschied nur noch 0.2 MJ NEL pro kg TM.

Gärqualität der Silagen

Bedingt durch die hohen Nitratgehalte im Ausgangsmaterial fand in allen Silagen keine beziehungsweise nur eine begrenzte Buttersäuregärung statt. Wenn das Grünfutter Nitrat enthält, dann entsteht aus diesem im Silo Nitrit, was gemäss Weissbach (2002) ein sehr wirksa-

mer Hemmstoff gegen die Buttersäurebakterien ist. Corrot *et. al.* (1998) zeigten in ihren Untersuchungen, dass mit steigendem Anwelckgrad und auch zunehmender Anzahl Bearbeitungsgänge des Futters, die Anzahl Buttersäurebakteriensporen sowie auch die Buttersäure in den Silagen abnahmen. Voraussetzung dafür ist aber, dass die Bearbeitungsgeräte gut eingestellt sind.

Alle Silagen enthielten relativ viel Milchsäure (Tabelle 2). Dabei wiesen die Silagen mit den höheren TM-Gehalten etwas mehr Milchsäure auf als die Silagen mit den tiefen TM-Gehalten. Gewisse Unterschiede gab es bei der Schnitthöhe. Die Silagen der Hochschnittvarianten zeichneten sich durch höhere Milchsäuregehalte im Vergleich zu den Tiefschnittvarianten aus. Unabhängig von der Schnitthöhe konnte in den Silagen viel Essigsäure nachgewiesen werden. Weist die Silage mehr als 50 g Essigsäure pro kg TM auf, wird die Silage als schlecht beurteilt (Wyss, 2005). Bei den Silagen mit den TM-Gehalten unter 20% waren die Werte höher als bei den Silagen mit TM-Gehalten über 20%. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Essigsäurebildung in den nassen Silagen in der Regel stärker ist als in den trockeneren Silagen. Mit 4.9 beziehungsweise 4.6 waren die pH-Werte in den unbehandelten Silagen relativ hoch. Nasse Silagen von guter Qualität weisen in der Regel pH-Werte von 4.0 auf (Wyss, 2005).

Der Ammoniakstickstoffanteil am Gesamtstickstoff war bei allen unbehandelten Silagen über 10%. Werte zwischen 10 und 20% deuten auf eine fehlerhafte Silagequalität hin. Den höchsten und somit schlechtesten Wert wies die Variante Tiefschnitt - TM-Gehalt < 20% und den tiefsten Wert die Variante Hochschnitt TM-Gehalt > 20% auf.

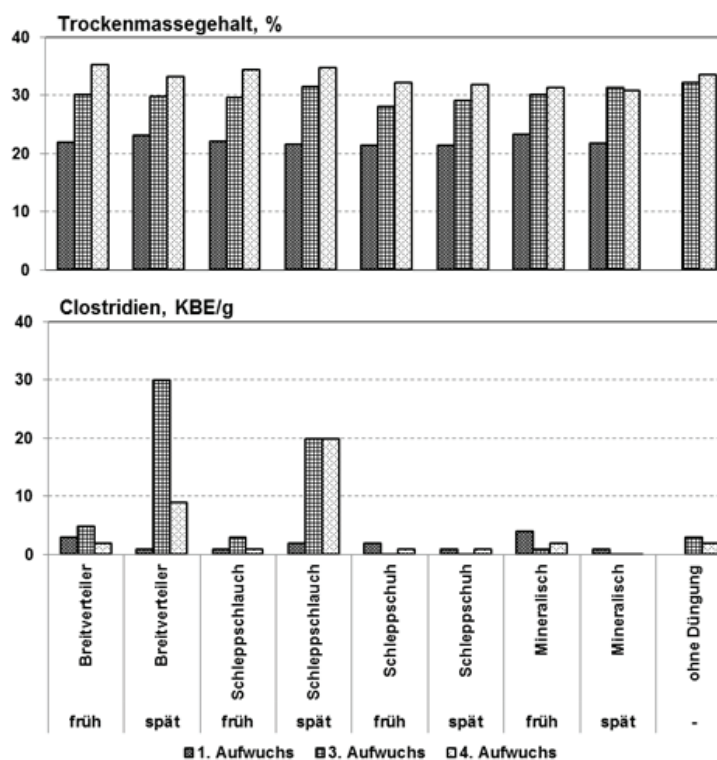


Abbildung 1: Trockenmassegehalte und Clostridienbesatz im Ausgangsmaterial

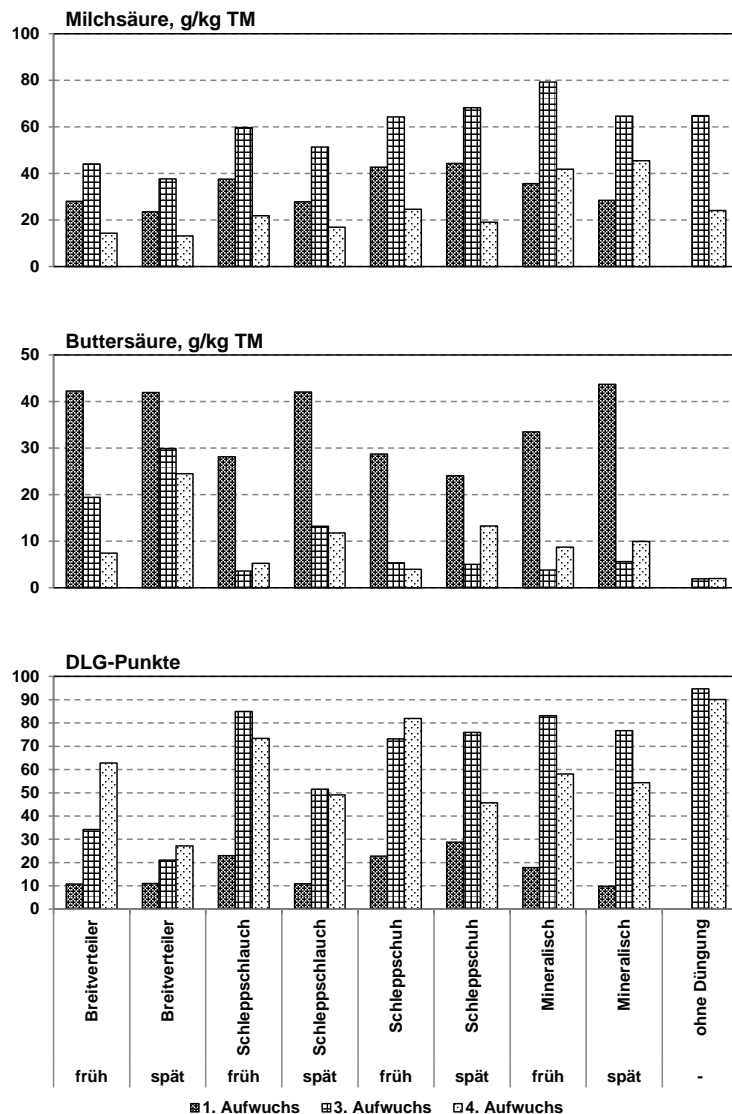


Abbildung 2: Milchsäure- und Buttersäuregehalte sowie DLG-Punkte der Silagen

Die Gärgasverluste wurden durch den Anwelkgrad, nicht aber durch die Schnitthöhe beeinflusst.

Die berechneten DLG-Punkte wurden sehr stark durch die hohen Essigsäuregehalte beeinflusst. Mit 20 beziehungsweise 28 Punkten wiesen die beiden direkt einsilierten Silagen eine sehr schlechte Qualität auf. Etwas besser sah es bei den beiden leicht angewelkten Silagen aus.

Diese erreichten 49 und 52 DLG-Punkte, was auch nur einer verbesserungswürdigen Qualität entsprach. Die Schnitthöhe beeinflusste in unserem Versuch die DLG-Punkte nicht. Dass mit steigendem Rohaschegehalt die Silagen mehr Buttersäure und dementsprechend eine schlechtere Silagequalität aufweisen können, zeigen Ergebnisse von Resch (2008).

Effekte der Siliermittel

Da bereits die unbehandelten Silagen keine beziehungsweise nur geringe Mengen an Buttersäure aufwiesen, konnte der Siliermitteleinsatz in dieser Hinsicht keine Verbesserung

erzielen. Dennoch gab es Effekte, die den Siliermitteln zugeschrieben werden können. Die detaillierten Ergebnisse sind der Publikation von Wyss (2009) zu entnehmen.

Versuch mit unterschiedlichen Gülleapplikationsverfahren

Ausgangsmaterial

Das Futter der drei Aufwüchse wies unterschiedlich hohe TM-Gehalte auf (Abbildung 1). Diese betragen im Durchschnitt 22, 30 und 33%. Die Vergärbarkeitskoeffizienten des Futters betragen im Durchschnitt der drei Aufwüchse 42, 45 und 49. Das bedeutet, das Futter war mittelschwer bis leicht silierbar. Die Rohasche-, Rohprotein- und Rohfasergehalte betragen 72, 80 und 77, 120, 116 und 143 sowie 254, 224 und 207 g/kg TM für die drei Aufwüchse.

Die Anzahl an Clostridien war insgesamt relativ tief (Abbildung 1). Die höchsten Werte wurden bei den beiden Verfahren Breitverteiler und Schleppschlauch, jeweils bei der späten Gülleapplikation, festgestellt. Bei allen drei Aufwüchsen regnete es zwischen der Gülleapplikation und dem Schnitt. Die Niederschlagsmengen waren bei der späteren Applikation tiefer als bei der frühen. Die höchsten Niederschlagsmengen wurden beim ersten Aufwuchs gefolgt vom vierten Aufwuchs gemessen. Nach Zangerl (1989) findet man im frischen Gras zwischen 10 bis 1000 Clostridien pro Gramm.

Silagequalität

Alle Silagen vom ersten Aufwuchs wiesen hohe Buttersäuregehalte und dementsprechend eine schlechte Silagequalität auf, was teilweise auf die tiefen TM-Gehalte beim Einsilieren zurückzuführen sein dürfte (Abbildung 2).

Beim dritten und vierten Aufwuchs wies das Verfahren Breitverteiler - späte Applikation die höchsten Buttersäuregehalte und das Verfahren ohne Düngung die tiefsten Gehalte auf. In sieben von acht Vergleichen wiesen die Silagen, wo die Gülle zum späten Termin appliziert wurde, höhere Buttersäuregehalte auf im Vergleich zur frühen Gülleapplikation.

Insgesamt schnitt das Verfahren Breitverteiler in Bezug auf die Silagequalität am schlechtesten ab. Damit werden die Ergebnisse der Untersuchung von Lorenz und Steffens (1996) bestätigt.

Literatur

- Beck, R., 2011: Clostridienbesatz in Abhängigkeit von Ausbringtechnik und Schnitthöhe. In: Tagungsband Gülle 11, Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. 330-332.
- Corrot, G., Champouillon, M., Clamen, E., 1998: Qualité bactériologique des balles rondes enrubannées. Maîtrise des contaminations. Fourrages 156, 411-429.

- DLG, 2006: Grobfutterbewertung. Teil B - DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung. DLG-Information (2).
- Jakob, E., 2011: Analytik rund um die Bittersäuregärung. ALP forum 85, 1-23.
- Lorenz, F. und Steffens, G., 1996: Gülleeinsatz auf Grünland mit unterschiedlichen Verteiltechniken. KTBL-Sonderveröffentlichung, KTBL, Darmstadt, 92 Seiten.
- Resch, R., 2008: Ergebnisse Silageprojekt 2003/2005/2007. Bericht über die 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung. LFZ Raumberg-Gumpenstein, 33-46.
- Schröpel, R., 2004: Nur das beste Gras ins Silo. BW agrar 16, 14-15.
- Weissbach, F., Honig, H., 1996: Über die Voraussage und Steuerung des Gärungsverlaufs bei der Silierung von Grünfütter aus extensivem Anbau. Landbauforschung Völkenrode 46 (1), 10-17.
- Weissbach, F., 2002: Grundlagen und Praxis der Produktion guter Grassilagen. 8. Alpenländisches Expertenforum, BAL Gumpenstein, 1-5.
- Wyss, U., 2002: Bewirtschaftung beeinflusst Nährwert von Gras. Agrarforschung 9 (7), 286-291.
- Wyss, U., 2005: Beurteilung von Silagen. ALP aktuell Nr. 18, 1-4.
- Wyss, U., 2009: Silierbedingungen beeinflussen den Nährwert von Grassilage. Agrarforschung 16 (5), 140-145.
- Zangerl, P., 1989: Aspekte der Clostridienproblematik und Anaerobier-Züchtung. Milchwirtschaftliche Berichte 101, 223-228.



Futterverschmutzung in Grassilagen österreichischer Praxisbetriebe Feedstuff-dirtying of grass-silage of austrian Farms

Gerald Stögmüller^{1*}

Zusammenfassung

Gärfutter ist in der österreichischen Viehwirtschaft eine sehr beliebte Futtergrundlage. Der Gärverlauf, die Lagerstabilität und die Futtereignung werden dabei entscheidend von der Sauberkeit bzw. dem Eintrag von unerwünschten Stoffen entscheidend beeinflusst. Die bekannteste Art der Futterverschmutzung ist die erdige Verschmutzung. Erdige Verschmutzungen können bereits vor der Futterwerbung an den Pflanzen anhaften oder bei der Mahd, Aufbereitung, Ernte oder auch bei und nach der Einbringung in den Fahrsilo ins Futter gelangen. Erdige Futterverschmutzungen werden derzeit meist über den Rohaschegehalt interpretiert wobei sich zeigt, dass fast 50 Prozent der Silagen Rohaschegehalte aufweisen, die über dem Empfehlungswert der Fütterungsberatung liegen. Weitere Arten der Futterverschmutzungen sind Düngerreste, Futterreste, Kadaver und tierische Exkremente, unerwünschtes Pflanzenmaterial wie Laub, Holz aber auch Giftpflanzen und auch unerwünschte Pflanzen. Auch unerwünschte mikrobielle Belastung mit Keimen stellt eine Art der Futterverschmutzung dar. Verschmutzungen verdünnen die Inhaltsstoffe, beeinflussen den Gärverlauf und damit die Futterhygiene und die Futterakzeptanz oder stellen sogar eine Bedrohung für die Tiergesundheit dar.

Schlagwörter: Grassilage, Futterverschmutzung, Futteruntersuchung, Rohasche

Summary

Silage is a popular feedstuff in the Austrian livestock. The fermentation process, the storage stability and the value as fodder are thereby decisively influenced by the cleanliness and the entry of undesirable substances. The most familiar type of crop contamination is the earthy dirt. Earthy dirt can get into the food before the food advertising - adhere to the plants - or mowing, preparation, harvesting or during and after insertion into the silo. Earthy crop contaminations are usually interpreted on the crude ash content which shows that nearly 50 percent of the silages have crude ash concentrations that are above the recommended value of the feeding consultants. Other types of crop contaminations are fertilizer residues, food remains, carcasses and animal waste, unwanted plant material such as leaves, wood as well as poisonous plants and unwanted plants. Also unwanted microbial contamination with microbes is a type of crop contamination. Dirtying dilutes the ingredients that affect fermentation and the food hygiene and food acceptance or even provide a threat to animal health.

Keywords: Grasssilage, feedstuff dirtying, feedstuff analyses, crude ash

Einleitung

Futterverschmutzung ist ein Sammelbegriff für viele Arten unerwünschter Inhaltsstoffe bzw. futterhygienischer Belastungen des Futters. Bei Grassilagen ist erdige Verschmutzung die häufigste Verschmutzungsform. Düngerreste, Tierkadaver und Giftpflanzen kommen meist in einer geringeren bzw. untergeordneten Häufigkeit vor, falls sie

auftreten können Sie aber gravierende tiergesundheitsliche Probleme verursachen.

Aufgrund der Bedeutung und der Datengrundlage aus Futteruntersuchungsergebnissen wird im weiteren Beitrag speziell auf die erdige Verschmutzung eingegangen.

Futteruntersuchungen zeigen speziell erdige Verunreinigungen und deren Folgen beim Gärverlauf auf. Unter-

Ursachen für erdige Verschmutzungen

Pflanzen- bzw. Futterbaulich, Tiere und Wetter	Technisch
Unzureichende Narbendichte	Narbenschäden durch Reifen
Feldfutterbau mit viel offenem Boden	Unpassender Fahrstil
Bodenbearbeitung auf angrenzenden Flächen mit Staubabdrift	Zu tiefe Geräteeinstellung: Mähwerk, Schwader, Pick-up
Starkregen mit Spritz- und Oberflächenwasser	Überfahren des Futters im nassen Zustand
Trockenheit mit Staubeentwicklung	Einsatz des Aufbereiteters bei feuchtem oder extrem trockenen Boden
Hoher Maulwurf- und Wühlmausbesatz	Unbefestigter Vorplatz beim Fahrsilo
Erd-, Kot- und Geruchseintrag durch Wildschweine	Erdeintrag durch Fahrzeugräder in den Silostock

¹ Leiter Futtermittellabor Rosenau der Landwirtschaftskammer Niederösterreich und Fütterungsreferent für Wiederkäuer, Landwirtschaftskammer Niederösterreich, A-3100 ST. PÖLTEN

* Dipl.-Ing. Gerald STÖGMÜLLER, gerald.stoegmueller@lk-noe.at

Weitere Arten der Futtermittelschmutzung

Organische Verunreinigung	Anorganische Verunreinigung
Tierkadaver (Säugetiere, Fallwild, Vögel, Mäuse) und Tierkot Düngerreste Futterreste Holz, Laub, Wurzeln, Moos Keime (Bakterien, Hefe- und Schimmelpilze) Giftpflanzen und unerwünschte Pflanzen	Mineralisches Öl durch techn. Störungen der Maschinen Pflanzenschutzmittelrückstände Müll

suchungsergebnisse des Futtermittellabors Rosenau der Landwirtschaftskammer Niederösterreich zeigen bei Grassilagen österreichischer Landwirtinnen und Landwirte große Schwankungen in Inhaltsstoffen und Gärqualität. Im Jahr 2013 wurden aufgrund der ungünstigen Witterung deutlich höhere Schmutzanteile ermittelt. Dabei handelte es sich nicht nur um den ersten Aufwuchs, der aufgrund des hohen Niederschlages durch Spritzwasser und Oberflächenabfluss beeinträchtigt wurde, sondern auch um die Folgeaufwüchse, die aufgrund der extremen Trockenheit stark mit Staub belastet waren. Aber auch in den vorangegangenen Jahren war jede zweite analysierte Probe über dem Empfehlungsbereich der ÖAG (Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau). Schmutz bzw. Erdreich können über viele Fehlerquellen in das Siliergut eingebracht werden. Wurde bisher oft das Mähwerk bzw. die Mähwerkseinstellung kritisiert, sind tatsächlich viel mehr pflanzenbauliche und technische Ursachen vorhanden.

Material und Methoden

Das Futtermittellabor Rosenau der Landwirtschaftskammer Niederösterreich ist spezialisiert auf die Untersuchung von Grundfuttermitteln. Landwirtinnen und Landwirte aus ganz Österreich schicken jährlich ca. 5000 Grundfutterproben zur Untersuchung in das Futtermittellabor Rosenau. Sie lassen Grundfuttermittel aus verschiedenen Gründen untersuchen. Hauptsächlich werden Grundfuttermittel zum Vergleich untereinander, für die Feststellung der Gärstabilität und zur Datenlieferung für Rationsberechnungen verwendet.

Die chemische Untersuchung von Futtermitteln ist im amtlichen Methodenbuch III des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) genau geregelt.

Die klassische nasschemische Analyse der Inhaltsstoffe erfolgt entweder durch die Behandlung mit Chemikalien, durch Messung mittels technischer Geräte und/oder Wiegen. Eine Vielzahl von Parametern wird analytisch ermittelt, einige Parameter werden rechnerisch ermittelt.

Die Analysemethoden zur Bestimmung der Inhaltsstoffe sind wie oben beschrieben standardisiert. Dies gewährleistet eine gleichbleibende und vergleichbare Untersuchung in und zwischen Laboratorien. Die Charakterisierung der einzelnen Futtermittel bezüglich Abbaugeschwindigkeit im Pansen und die Berechnung der Energie erfolgt in Österreich und dem deutschsprachigen Raum nach den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE), den Verdaulichkeitsfaktoren der DLG-Tabelle (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft) und der aktuellen Futtermittelverordnung 2010.

Rohasche weist den Gesamtgehalt an (oxidierten) Mineralstoffen und nicht verbrannten anorganischen Verschmutzungen - vor allem Sand - aus. Aufgrund unterschiedlicher botanischer Zusammensetzungen, Düngeintensität und Mineralstoffverfügbarkeit aus dem Boden können aber deutliche Schwankungen im Grundgehalt von Mineralstoffen in Grassilagen vorliegen. Des Weiteren beeinflussen auch andere Nährstoffgehalte wie Rohprotein und Rohfaser den absoluten Gehalt an Rohasche, wodurch bei zunehmendem Reifegrad der Mineralstoffgehalt und dadurch der Rohaschegehalt unabhängig von der Verschmutzung abnehmen. Besonders zu erwähnen ist die Tatsache, dass bei der Bestimmung der Rohasche durch Verbrennung organische Verunreinigungen ebenfalls verbrennen und dadurch Futterreste, Düngerreste, Humus und ähnliches nicht ausgewiesen werden und die tatsächliche Verschmutzung nur in einer abgemilderten Form ausgewiesen wird.

Der Verschmutzungsgrad von Futtermitteln wurde bisher über den Rohaschegehalt interpretiert. Die tatsächliche Verschmutzung durch Erde könnte durch die Bestimmung des Titangehaltes sehr genau interpretiert werden, da Titan in Pflanzen nicht enthalten ist und nur über Verschmutzung ins Futter gelangt. Diese Analyse ist aber mit herkömmlichen Analysegeräten nicht durchführbar.

Eine weitere Möglichkeit die Futtermittelschmutzung zu interpretieren ist die Bestimmung des salzsäure-unlöslichen Rohaschegehaltes. Ähnlich wie bei der Bestimmung des Rohaschegehaltes kann aber nur auf den nicht brennbaren Anteil - also Sandanteil - rückgeschlossen werden, der - wie oben erwähnt - nur einen Teil der Verschmutzung widerspiegelt.

Neueste Recherchen und Auswertungen von Ing. Resch, LFZ Raumberg-Gumpenstein zeigen einen engen Zusammenhang zwischen dem Eisengehalt eines Futters und dem Gehalt an salzsäureunlöslicher Rohasche. Aufgrund der engen Korrelation könnte ohne Mehraufwand sondern über die Mineralstoffanalyse die Verschmutzung genauer als bisher über die Rohasche geschätzt werden.

Analysendurchführung im Futtermittellabor Rosenau

Probenvorbereitung

Die Futterproben werden vor der eigentlichen Untersuchung auf Inhaltsstoffe durch Trocknung und Vermahlung auf die Analysen vorbereitet.

Bei der Rohnährstoff-Analyse werden die Parameter Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, Rohasche nasschemisch

bestimmt. Die Parameter organische Masse (OM) und N-freie Extraktstoffe (NfE) werden durch Differenzbildung rechnerisch ermittelt. Die Protein-Bewertung nach dem nXP-System (nutzbares Rohprotein am Dünndarm, nXP) erfolgt auf Basis der Gleichungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2001) unter Zugrundelegung des Energiegehaltes (MJ ME) und dem Gehalt an unabbaubarem Protein (UDP) der DLG-Tabelle (1997). Die Energiekonzentration (ME, NEL) erfolgt ebenfalls nach den Gleichungen der GfE (2001) unter Verwendung der Verdauungskoeffizienten der DLG-Tabelle (1997).

Die konkreten Verdauungskoeffizienten für eine bestimmte Futtermittelgruppe (z.B. Wiesenfutter, Silomais etc.), Konservierungsform (Grünfutter, Silage, Heu) und Aufwuchs (1. Aufwuchs, Folgeaufwüchse) werden nach Regressi-

onsgleichungen von Gruber *et al.* (1997) ermittelt, welche zwischen den in den Tabellen angeführten Vegetationsstadien interpolieren.

Die Bestimmung des Rohaschegehaltes wird laut Methodenbuch durch Wiegen, Veraschung des Futters bei 550 °C in einem Muffelofen für 5 Stunden und anschließender Abkühlung im Exsikkator und Rückwaage durchgeführt.

Die Bestimmung der salzsäureunlöslichen Rohasche erfolgt durch Behandlung der veraschten Probe mit Salzsäure. Nach einer Kochphase wird das Substrat filtriert und der Rückstand erneut verascht. Die Differenz ergibt die Menge an Salzsäure unlöslicher Rohasche.

Die Bestimmung des Eisengehaltes erfolgt im FML Rosenau mit einem optischen Emissionsspektrometer ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry). Die Methode basiert auf einer Art Flammenfärbung, bei der ein hoch-technisches Gerät die Art und Menge mehrerer Mineralstoffe bis in den Milligrammbereich messen kann.

Alternativ zur nasschemischen Methode wird für Grundfuttermittel die Schnellbestimmung der Rohnährstoffe mittels **NIRS** (Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie) angeboten. Die Futtermittel werden nach der Probenvorbereitung (Trocknung und Vermahlung) in einem Apparat mittels infrarotem Licht verschiedener Wellenlängen bestrahlt und die Reflexion mit einem hoch sensiblen Detektor gemessen. Dieses Verfahren ist deutlich schneller und weniger ressourcenaufwendig, allerdings sind die ermittelten Nährstoffgehalte nicht so genau. Entscheidend für die Genauigkeit dieses Systems ist die Qualität der Eichkurven. Hier zählen die Anzahl der in die Erstellung der Eichkurve aufgenommenen Futterproben, die Abstimmung der NIRS-Eichungen auf die regional vorhandenen Futtermittel und der Probenstruktur aus der Vermahlung.

Ergebnisse und Diskussion

Allgemeine Daten zur Futtermittelverschmutzung wurden aus dem großen Datenpool an Untersuchungen im Futtermittellabor Rosenau des letzten Jahres entnommen und ausgewertet. Zusätzlich zu den Analysendaten standen die Er-

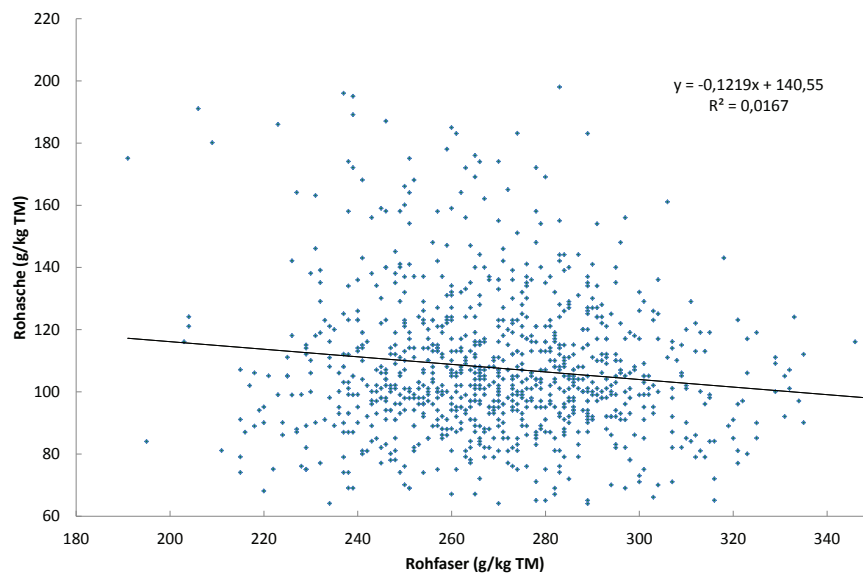


Abbildung 1: Einfluss der Rohfaser auf Rohaschegehalte in Grassilagen 1. Aufwuchs (Quelle: FML Rosenau Untersuchungen 2013)

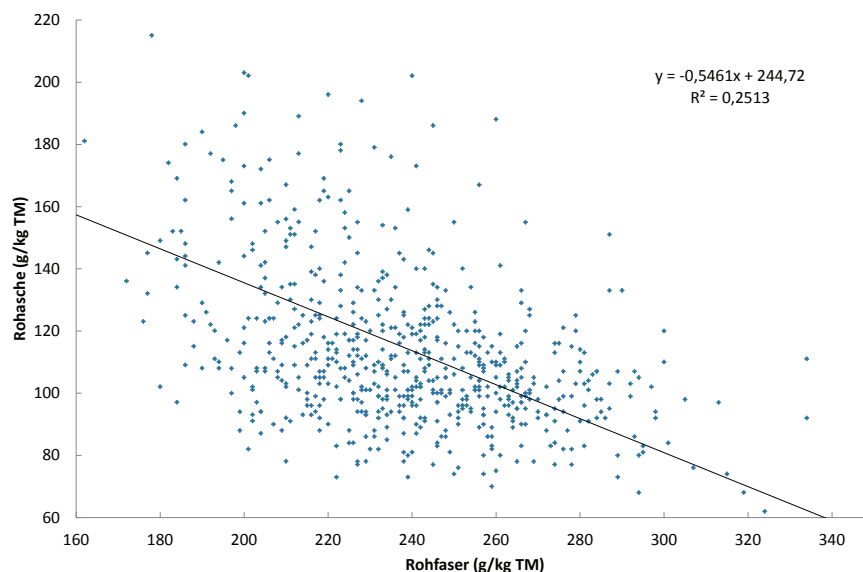


Abbildung 2: Einfluss der Rohfaser auf Rohaschegehalte in Grassilagen 2. und Folgeaufwüchse (Quelle: FML Rosenau Untersuchungen 2013)

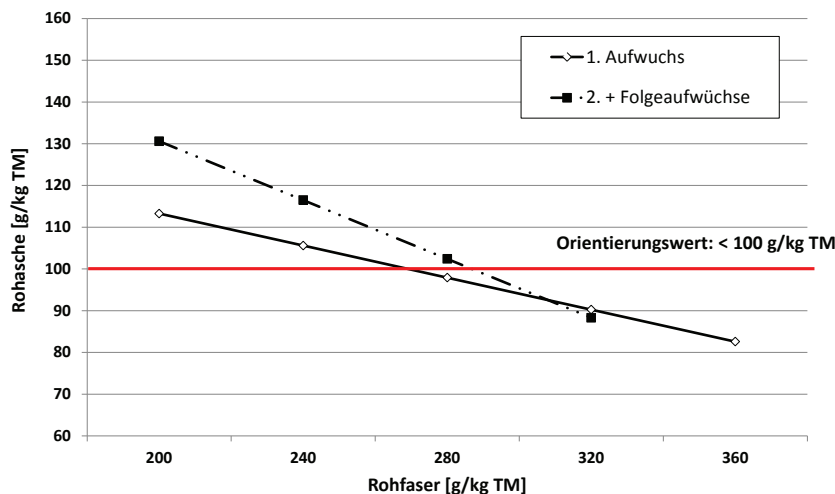


Abbildung 3: Gehaltswerte und Empfehlungsbereich für Rohasche in Grassilagen (LK-Silageprojekt 2003-2009)

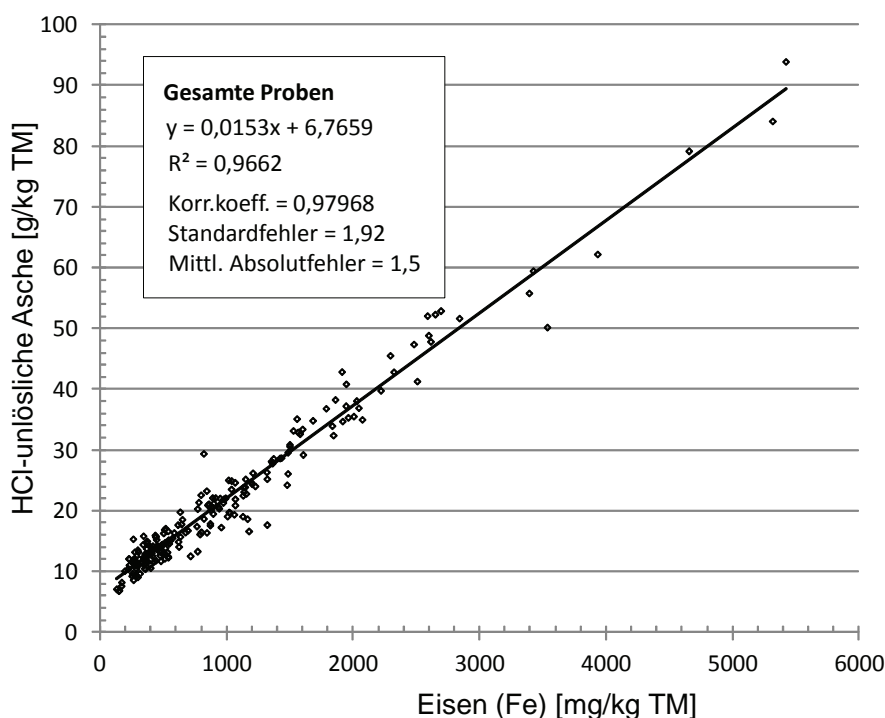


Abbildung 4: Zusammenhang Eisengehalt zu HCL-unlöslicher Asche in Dauerwiesenfutter (Resch und Steiner, 2013)

gebnisse des österreichweiten Silageprojektes sowie aus Silagevergleichen im Rahmen von Arbeitskreisprojekten. Aufgrund der fleißigen Datenerhebung bei diesen Projekten bezüglich Pflanzenbestand, Düngung, Ernte und Konservierung ist es möglich, Einflussfaktoren auf die Futtermittelverschmutzung klar darzustellen. Darauf aufbauend ist es möglich allgemeine Beratungsempfehlungen zu überarbeiten und in zukünftigen Empfehlungen neue Erkenntnisse deutlicher hervorzuheben.

Die ermittelten Rohaschegehalte übersteigen teils deutlich den bisher üblichen Orientierungswert von 100 g/kg TM. Der Rohaschegehalt wird von vielen Parametern beeinflusst. Reifestadium, Proteingehalt und Mineralstoffgehalt beeinflussen den Rohaschegehalt stark, weshalb der Grundgehalt an Rohasche zwischen den Silagen stark variieren kann und ein erhöhter Rohaschegehalt nicht automatisch auf Verschmutzung zurückzuführen ist. Rohaschegehalte von über 120 g/kg TM zeigen allerdings von einer deutlichen Verschmutzung.

Trotz Trockenheit zeigen die Folgeaufwüchse teils deutlich überhöhte Rohaschegehalte (Abbildung 2), die aber nicht auf nasse Erntebedingungen zurückzuführen sind, sondern unter anderem auf Staubaufwirbelung und mangelhafte Geräteeinstellung zurückzuführen sind.

Im Vergleich zum ersten Aufwuchs ergibt sich eine andere Tendenz, indem bei steigendem Reifegrad der Pflanzen der Rohaschegehalt stärker abnimmt.

Tabelle 1: Rohaschestatistik und Inhaltsstoffmittelwerte österreichischer Grassilagen in den Aufwüchsen (Quelle: FML Rosenau)

	Aufwuchs	XA g/kg TM	Std.abw. g/kg TM	N	Min.	25- Quartil	Median g/kg TM	75- Quartil	Max.	TM g/kg FM	XP g/kg TM	XF g/kg TM	NEL MJ/kg TM
Silageprojekt	1.	101	21	2237	50	89	98	108	306	370	147	264	6,04
	2.	107	22	399	61	93	103	115	259	401	148	264	5,69
2003-2009	3.	115	29	114	79	99	109	124	287	386	160	246	5,81
	1.	108	24	966	64	93	104	118	336	339	144	270	5,93
Österreich	2.	103	19	259	62	92	100	112	194	419	143	253	5,79
	3.	113	31	176	75	98	107	121	398	406	160	238	5,84
2013	4.	127	40	121	68	104	117	142	434	372	174	221	5,89
	5.	146	44	45	102	114	134	162	294	328	182	203	5,89

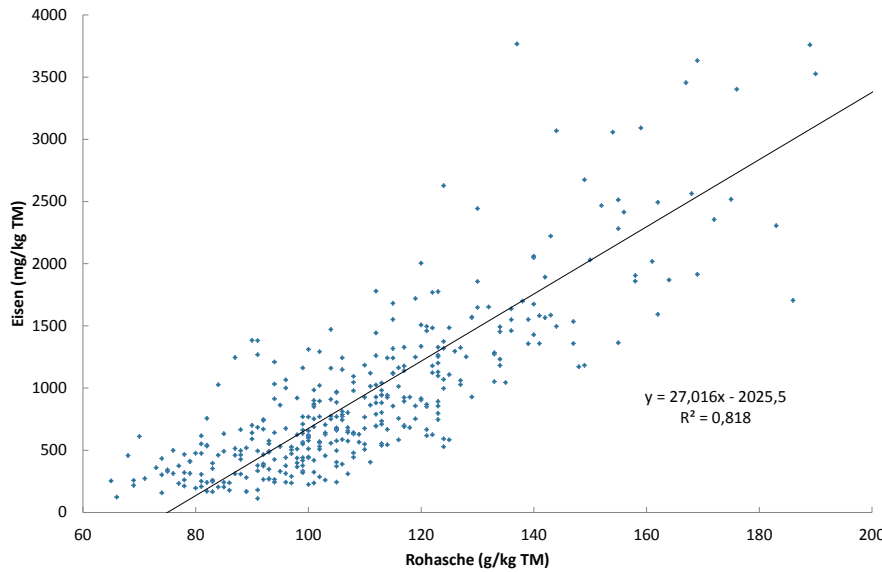


Abbildung 5: Beziehung zwischen Rohasche- und Eisengehalt in Grassilagen (Quelle: FML Rosenau Untersuchungen 2013)

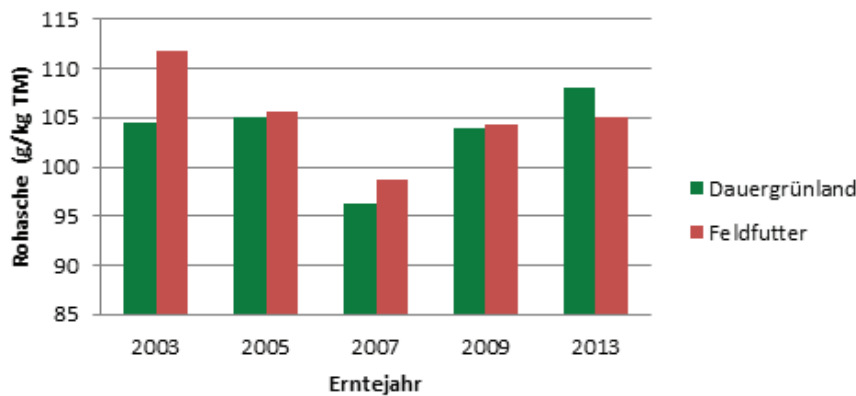


Abbildung 6: Rohaschegehalte in Abhängigkeit von Kulturart und Erntejahr (Quelle: Daten Silageprojekt 2003 bis 2009)

Das österreichische Silageprojekt 2003 bis 2009

In einem mehrjährig angelegten Silageprojekt wurden Informationen bezüglich Pflanzenbestand, Bewirtschaftung, Erntetechnik und Witterung erhoben, um Zusammenhänge zu den Inhaltsstoffen, und der Gärqualität sowie Querbeziehungen zu erarbeiten. Es wurden dabei über 4 Jahre insgesamt über 3600 Silageproben im Futtermittellabor Rosenau untersucht und von Ing. Reinhard Resch statistisch aufbereitet.

Tabelle 2: Einfluss eines steigenden Rohaschegehaltes auf andere Analysenparameter (Steigerung des Rohaschegehaltes um 1%)

Rohprotein	- 1,6 g/kg TM
Rohfaser	- 3,8 g/kg TM
NEL	- 0,1 MJ/kg TM
pH-Wert	+ 0,04
Buttersäure	+ 0,4 g/kg TM
Eiweißabbau	+ 0,3 %
DLG-Punkte	- 1,5 Punkte

Auch die Auswertungen des Silageprojektes 2003 bis 2009 zeigen ein vergleichbares Ergebnis wie die Auswertungen des Jahres 2013. Demnach ist der Orientierungswert von max. 100 g Rohasche für die Interpretation der Futtermittelverschmutzung nicht immer zielführend.

Resch und Mitarbeiter stellten 2009 in einem Versuch eine sehr enge Beziehung zwischen dem Eisengehalt des Futters und dem Sandanteil, ermittelt als HCL-unlösliche Rohasche (Abbildung 4), fest. Demnach könnte man den Eisengehalt gut für die Schätzung des Verschmutzungsgrades heranziehen. Eisen wird bei der Mineralstoffuntersuchung miterfasst, HCL-unlösliche Rohasche bedarf hingegen einem eigenen Analysenschritt mit zusätzlichen Analysekosten.

Der Zusammenhang Rohasche - Eisen ist deutlich ersichtlich (Abbildung 5). Im Bereich höherer Schmutzanteile zeigt sich aber ein deutliches Auseinanderklaffen der beiden Parameter. Betrachtet man bei einer bestimmten Verschmutzung (Eisengehalt als Indikator für den Sandanteil) die unterschiedlich ermittelten Rohaschegehalte, so versteht man die Unschärfe des bisher herangezogenen Verschmutzungsindikators - der Rohasche.

Es gibt einen deutlichen Jahreseffekt auf den Rohaschegehalt.

Ebenso ist auf dieser Grafik ersichtlich, dass auch die Kulturart (Dauergrünland oder Feldfutterbau) ein bedeutender Einflussfaktor ist. Speziell die Niederschlagsmenge, -Intensität, die Mineralstoffverfügbarkeit, Befahrbarkeit der Flächen und die Witterung kurz vor und bei der Ernte beeinflussen den Gehalt an Mineralstoffen in der Pflanze und Schmutzanteil auf der Pflanze, der in Summe als Rohasche ausgewiesen wird. Eine detaillierte Aufschlüsselung der Analysen zeigt den gewaltigen Schwankungsbereich der Rohaschegehalte nach Erntejahr und auch Aufwuchs. Bei steigender Schnitzzahl stieg im Jahr 2013 der durchschnittliche Rohaschegehalt an, der Energiegehalt und der Faseranteil gingen zurück. Der Eisengehalt steigt nicht parallel zur Rohasche, die Aussagekraft des Eisengehaltes ist aber aufgrund einer geringen Probenanzahl nicht repräsentativ.

Die Abbildung 7 zeigt einen hohen Anteil der Silagen im Bereich um den Orientierungswert von 100 g Rohasche, zwei Drittel der Proben liegen im Bereich von 82 bis 125 g XA pro kg TM. Ein beträchtlicher Teil liegt aber auch deutlich über dem Orientierungswert.

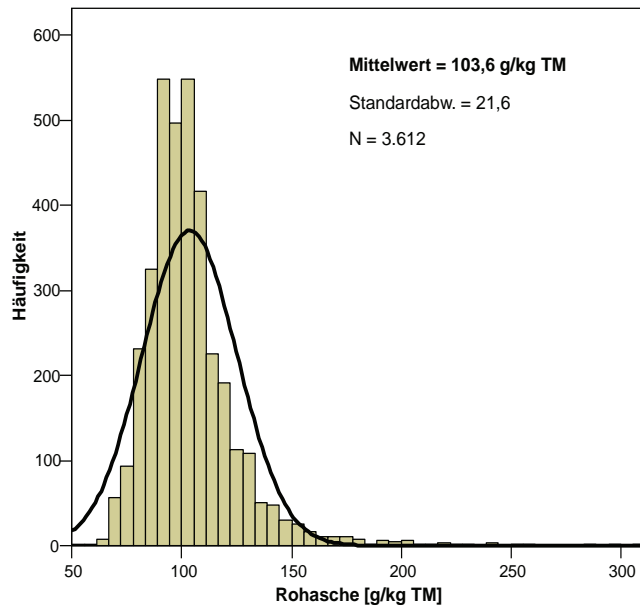


Abbildung 7: Verteilung von Rohaschegehalten in Grassilagen (Quelle: Silageprojekt, Auswertung Ing. Resch, LFZ Raumberg-Gumpenstein)

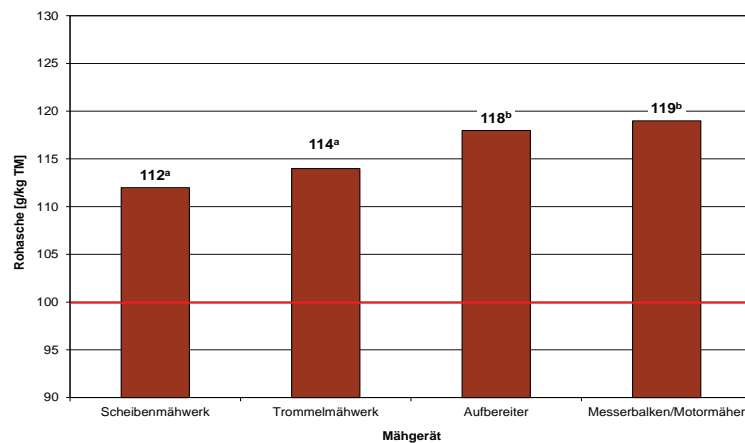


Abbildung 8: Einfluss der Mähtechnik auf den Rohaschegehalt von Grassilagen (Quelle: Resch *et al.*, 2010)

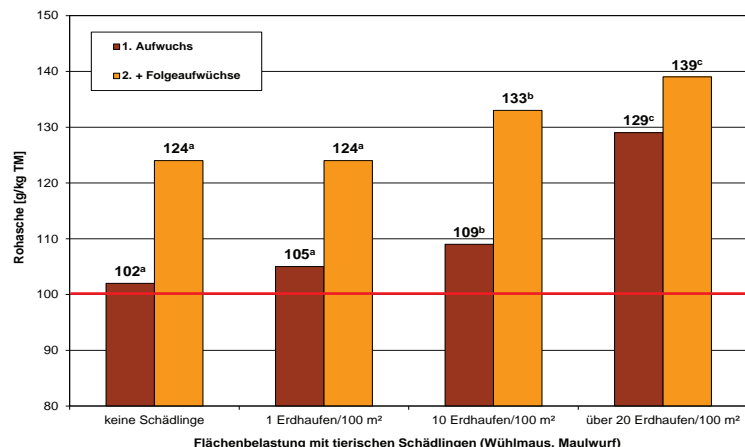


Abbildung 9: Einfluss tierischer Schädlinge auf den Rohaschegehalt (Quelle: Silageprojekt 2003-2009, RESCH *et al.*, 2010)

Erhöhte Rohaschegehalte verdünnen die Nährstoffgehalte und Verschmutzung führt auch zu ungünstigerem Gärverlauf bzw. Silagestabilität.

Gerätewahl und Einstellung des Mähgerätes spielen eine entscheidende Rolle auf die Futterverschmutzung (Abbildung 8). Sehr niedrige Schnitthöhen bergen die Gefahr, dass erdige Verschmutzungen an Stängeln ins Futter eingebracht werden und nachfolgende Geräte sehr tief eingestellt werden müssen, wodurch noch mehr Erde ins Futter eingebracht wird. Eine daraus ableitbare Empfehlung von mind. 7 cm Schnitthöhe hat sich als praxistauglich erwiesen. Die Verwendung des Aufbereiters birgt die Gefahren, dass bei nasser Bearbeitung mehr Schmutz am Futter anhaftet und bei sehr trockenen Bedingungen Staub aufgewirbelt oder aufgesaugt wird.

Tiere wie Maulwurf, Wühlmaus aber auch Wildschwein und andere können deutliche Schmutzeinträge verursachen. Im Silageprojekt wurde der Besatz an Maulwurf bzw. Wühlmaushügel zur Auswertung herangezogen (Abbildung 9).

Eine Verunreinigung von Gras mit Erde führt zu einer Beimpfung mit Bakterien, leider aber keinen gärfördernden Bakterien sondern mit Konkurrenten zu den gewünschten Milchsäurebildern. Der Energieverlust durch die Vergärung steigt, die Lagerstabilität und auch die Schmackhaftigkeit leiden. Falls Clostridien mit ins Futter eingebracht werden besteht zusätzlich die Gefahr der Eiweißzersetzung am Silo.

Fazit, Schlussfolgerungen

Schmutzeintrag in das Erntegut birgt viele Risiken bezüglich Gärverlauf, Schmackhaftigkeit und Bekömmlichkeit für die Tiere. Viele Einflussfaktoren vor und während der Ernte können Schmutz und dadurch Keime ins Futter bringen. Der Rohaschegehalt ist ein bekannter Parameter zur Einschätzung der erdigen Futterverschmutzung, er ist aber zu ungenau für eine exakte Einschätzung des Schmutzanteiles, da der Grundgehalt an Mineralstoffen im Futter stark schwanken kann und auf den starren Orientierungswert von <100 g/kg TM trifft. Die Analysenparameter Salzsäureunlösliche Rohasche und der Eisengehalt spiegeln den Verschmutzungsgrad besser wider. Dadurch können die Zusammenhänge und Auswirkungen der Futterverschmutzung neu interpretiert werden.

Literatur

Buchgraber *et al.*, 2003: Erfolgreich silieren-Spitzenqualitäten bei Grassilagen! ÖAG INFO 3/2003

Li, J.G., Gerzabek, M.H., Mück, K., 1994: An experimental study on mass loading of soil particles on plant surfaces. Die Bodenkultur (Journal für landwirtschaftliche Forschung) 45: 15-24.

Mayland, H.G., Florence, A.R., Rosenau, R.C., Lazar, V.A., Turner, H.A., 1975: Soil ingestion by cattle (grazing) on semiarid range as reflected by titanium analysis of feces. J. Range Manage. 28: 448-452

Resch *et al.*, 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. ÖAG INFO 8/2006.

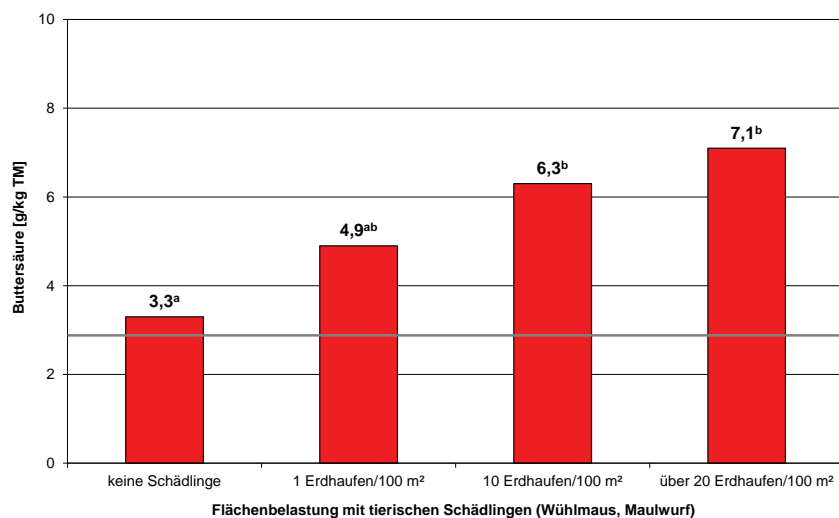


Abbildung 10: Einfluss tierischer Schädlinge auf den Buttersäuregehalt (Quelle: Silageprojekt 2003-2009, Resch *et al.*, 2010)

Resch, R., 2007: Futtermittelverschmutzung - Auswirkungen auf die Qualität von Grassilagen.

Resch *et al.*, 2010: Abschlussbericht Silageprojekt - Qualitätsbewertung von österreichischen Grassilagen und Silomais aus Praxisbetrieben, LFZ Raumberg-Gumpenstein.

Resch, R., Steiner, B., 2013: Schätzung der salzsäureunlöslichen Asche von Grünlandfuttermitteln anhand des Eisengehaltes. ALVA-Tagungsbericht 2013.

VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V.), 2007: Landwirtschaftliche Versuchs- und

Untersuchungsmethodik, VDLUFA-Methodenbuch Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

VDLUFA-Methodenbuch, Band III, 4. Ergänzungslieferung, 1997: Bestimmung von salzsäureunlöslicher Asche. Amtliche Methode, Kapitel 8.2, 3 S.

VDLUFA-Methodenbuch, Band III, 4. Ergänzungslieferung, 1997: Bestimmung der Rohasche. Amtliche Methode, Kapitel 8.1, 2 S.

VDLUFA-Methodenbuch, Band III, 4. Ergänzungslieferung, 1997: Bestimmung von Eisen. Amtliche Methode, Kapitel 11.1.2, 5 S.

Wiedner, G., 1998: Futteruntersuchungen - Leistung sichern und trotzdem Geld sparen! ÖAG INFO 7/98.



Heutrocknungsverfahren im Vergleich

Alfred Pöllinger^{1*}

Zusammenfassung

Am LFZ Raumberg-Gumpenstein wurde ein über drei Versuchsjahre (2010 bis 2012) laufender Vergleich von vier verschiedenen Konservierungsverfahren - Rundballensilage, Bodenheu, Kaltbelüftungsheu, Warmbelüftungsheu (solarunterstützte Entfeuchtertrocknung) - für Grünlandfutter durchgeführt. Dabei stand die effiziente Heutrocknung mit einer Luft-Entfeuchteranlage mit 16 kW Anschlussleistung und mit einer modernen Steuerungs- und Regeltechnik ausgestattet - im Mittelpunkt des Interesses. Kombiniert wurde die Luft-Entfeuchteranlage mit einer solaren Unterdachabsaugungsanlage mit 410 m² Kollektorfläche. Die Stockgrundfläche wurde mit 96 m² gemessen und die Stockhöhe mit 6 m. Der Ventilator mit 22 kW Anschlussleistung lieferte max. 55.000 m³/h und bei reduzierter Frequenz - bei gleichzeitigem Entfeuchterbetrieb - und befüllter Box 30.000 m³/h. Die Kaltbelüftung wurde in einer 70 m² großen Heubox mit 3,90 m Boxenhöhe und einem Ventilator mit 5,5 kW durchgeführt. Die Einfuhrfeuchten lagen bei der Kaltbelüftungsvariante bei rund 25% (23 bis 34%) und bei der solarunterstützten Luft-Entfeuchtervariante bei rund 35% (30 bis 50%). Am Feld differenzierten sich die Verfahren einerseits durch unterschiedliche Feldliegezeiten, Bearbeitungsgänge und dadurch über die Höhe an Bröckel- und Rechverlusten. Die Feldliegezeiten schwankten zwischen den Schnitten am stärksten - von 2 (Silage, 2. Schnitt) bis 72 Stunden (Bodenheu, 4. Schnitt). Von Variante zu Variante lag im Schnitt jeweils ein Halbtage längere Feldliegezeit. Nur das Bodenheu konnte beim vierten Schnitt in der Regel nicht mehr bis zur lagerstabilen Entfeuchte von 13% am Feld fertig getrocknet werden. Hinsichtlich der Bearbeitungsgänge unterscheiden sich die Varianten vor allem bei der Anzahl der Zettvorgänge - durchschnittlich 1x bei der Silage, 2x bei der Warmbelüftung, 3x bei der Kaltbelüftung und 4x bei der Bodenheutrocknung. Die Varianten Bodenheuwerbung und Warmbelüftung unterscheiden sich hinsichtlich der Bröckel- und Rechverluste durchschnittlich um 190 kg TM/ha und Schnitt. Die Unterdach-Trocknungsdauer konnte sowohl mit der Kaltbelüftung als auch mit der Warmbelüftung im Durchschnitt deutlich unter der geforderten 72 Stundenmarke gehalten werden. Nur bei technischen Problemen - Überlastung des Stromkreises - 50 Ampere Sicherung

bei gleichzeitigem Entfeuchterbetrieb und Freischalten der vollen Ventilatorleistung - kam es vereinzelt zu längeren Einschalt Dauern.

Die Luftentfeuchteranlage konnte vor allem im Jahr 2012 und 2013 problemlos betrieben werden. Die Entfeuchterleistung erreichte im Einzelfall 60 l Wasserabscheidung pro Stunde (im Schnitt 35 l/Stunde).

Die Bröckel- und Rechverluste lagen beim Bodenheu mit 386 kg TM/ha und Schnitt deutlich am höchsten. Vom Futter der Entfeuchtertrocknungsvariante blieb um 190 kg TM/ha und Schnitt weniger an Bröckel- und Rechverlusten am Feld liegen (im Mittel 196 kg TM/ha und Schnitt).

Bei den Stromverbrauchsmessungen in den Jahren 2011 und 2012 wurden teilweise deutlich höhere Energieverbrauchswerte gemessen, als es in der Werbung verschiedener Firmen dargestellt wird. Die günstigsten Werte wurden dabei mit der Kaltbelüftung mit 1,4 Cent/kg Heu erreicht (0,4 bis 2,4 Cent/kg Heu - bei 15 Cent/kWh). Die solar-unterstützte Luftentfeuchtervariante lag im Mittel bei 2,9 (1,4 bis 4,5) Cent/kg Heu.

In einer abgegrenzten Kalkulation ist allerdings klar zu erkennen, dass die Fixkosten die deutlich höhere Kostenbelastung darstellen. Jedes Kilogramm auf einer Entfeuchteranlage getrocknete Futter wird mit durchschnittlich 5,5 Cent/kg Heu belastet, während es bei der Kaltbelüftung „nur“ 1,7 Cent/kg Heu sind. In dieser Kalkulation sind noch keine Gebäudekosten und Ein- und Auslagerungskosten eingerechnet, die für beide Heutrocknungsverfahren gleichermaßen zu kalkulieren wären. Um den Anforderungen hoher Grundfutterleistung auch auf dem Heubetrieb gerecht werden zu können, braucht es allerdings eine leistungsfähige und weitestgehend im Betrieb witterungsunabhängige (Nachtbetrieb, Schlechtwetter) Trocknungstechnik. Die höheren Kosten müssen über höhere Produktpreise und teilweise über eine Flächenprämie abgegolten werden. Die Bodenheutrocknung ist jedenfalls nur in den Sommermonaten Juni bis August ohne größeres Verlustrisiko möglich und keinesfalls für reine Heubetriebe als alleinige Konservierungsform geeignet.

Schlagnote: Heutrocknung, Verfahren, Vergleich, Entfeuchter, Energiebedarf

¹ LFZ Raumberg-Gumpenstein, Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit, Abteilung für Innenwirtschaft, Raumberg 38, A-8952 IRDNING

* Dipl.-Ing. Alfred PÖLLINGER, alfred.poellinger@raumberg-gumpenstein.at

Summary

At the federal research institute Raumberg-Gumpenstein four different grassland-forage conservation systems ((1) round bale silage, (2) hay making under field conditions, hay drying under artificial conditions - (3) without and (4) with an air heating equipment - roof solar collector combined with a heat pump dehumidifier) have been investigated over three years (2010-2012). The main focus was given to the heat pump dehumidifier technique. The test facility at the federal research institute Raumberg-Gumpenstein is a box dryer consisting of a centrifugal fan (22 kW) and a dehumidifier heat pump (16 kW) with the necessary control and regulation technology. The roof is designed as a solar collector with 410 m² net area. With a recirculation flap switching between roof suction and recirculation mode is possible. The area of the box dryer is 96 m² (steel grating) and the height is 6 m. The centrifugal fan achieves a performance of 55.000 m³.h⁻¹, maximum and 30.000 m³.h⁻¹ when both techniques were working (heat pump dehumidifier and the centrifugal fan). In this case the fan was regulated to make less rotations and to use less energy < 30 Ampere. The hay drying equipment without an air heating equipment (3) was a box with 71 m² area and boarded by 3.9 m high walls. This box was combined with a centrifugal fan (5,5 kW).

The dry matter content by harvesting the forage was different between the conservation systems. The dry matter content of the forage for the hay drying equipment without air heating was in the average by 75% (range between 77 and 66% DM Content) at the beginning of the artificial hay drying process. The forage which was filled in the box with the dehumidifier heat pump showed a DM content round about 65% (range 70 to 50% DM Content).

Differences were measured by the length of the field laying period (period between mowing and self loading trailer harvesting) between the conservation systems. The general range goes from two (silage, second cut) to 72 hours (conservation system (2), fourth cut). Under regular conditions forage for the conservation system (1) was harvested 10 hours, for the system (2) 24 hours, for the system (3) 33 hours and for the system (4) 45 hours after mowing. Hay making under field conditions is under Austrian weather conditions normally not possible in the autumn (September - October) and difficult in

spring time (May). There are also differences in working process between the systems. Forage for silage was tedded once a time, forage for the conservation system (2) was tedded two times, forage for the conservation system (3) three times and forage for the conservation system (4) was tedded four times in the average. Related to crumble losses by the forage preservation system (2) 386 kg DM.ha⁻¹.cut⁻¹ got lost, 190 kg DM more than by the forage preservation system (4).

Under regular conditions, the drying time under artificial conditions (3) and (4) was less than 72 hours. Conservation experts recommend no longer drying times than 72 hours should be used to prevent microbial damage. Only by technical problems with the dehumidifier heat pump the drying period was longer. During 2012 and 2013 there were no more technical problems. In this time the performance of the dehumidifier heat pump reached 60 l.h⁻¹, average 36 l.h⁻¹, the velocity of the air was 2,4 m.sec⁻¹ (through the dehumidifier register). The velocity should be not more than 3.0 m.sec⁻¹.

The energy consumption was measured too. The lowest energy consumption was measured by the forage preservation system (3) - 80 kWh.t⁻¹ DM. The energy demand for the humidifier pump heater system (4) was 170 kWh.t⁻¹ DM. The costs for electricity per Kilogramm hay differ between 0.4 and 2.4 Cent by hay making with system (3) and between 1.4 and 4.5 Cent by hay drying with system (2) - 15 Cent per kWh were calculated.

In a total cost calculation (hay drying technique - fan, dehumidifier pump, box, solar collector, regulation technique), you can see, that the fixed cost are more important than the variable cost (*table 10*). The fixed cost per Kilogramm hay are 5.5 Cent by the hay making system (2) and 1.7 Cent by the hay making system (3). The example was calculated without building and indoor crane costs. If you want to run a professional dairy farm, forage based on hay only, you must investigate in highly efficient hay drying techniques. The dehumidifier pump heat is one good possibility to achieve the goal of a high forage quality, less crumble losses also under difficult weather conditions in the spring time and in the autumn.

Key words: hay drying, technique, comparison, dehumidifier pump heater, energy demand

Einleitung

Die traditionelle Futterproduktion in der Rinderhaltung passierte vor mehr als 45 Jahren noch überwiegend auf der Herstellung von Dürrfutter. Resch (2007) zeigt in einer Darstellung sehr gut die Verschiebung der Konservierungsverfahren von 1970 bis 2005 auf. 1970 wurde noch beinahe 80% des Winterfutters in Form von Heu konserviert. 2005 lag der Anteil des Dürrfutters (Heu und Grummet) nur mehr bei 23%. In den letzten 10 Jahren hat sich allerdings der Markenname „Heumilch“ und „Heumilchkäse“ durch ein intensives Marketingprogramm und aufgrund geänderter Konsumentenverhaltens etablieren können. Dahinter stehen in Österreich über 8.000 Landwirtschaftsbetriebe, die ausschließlich auf die Heuwerbung angewiesen sind.

Die Anforderungen an die Grundfutterqualität haben sich im Zuge dieser Entwicklungen auch für Heubetriebe deutlich verschärft. Heute werden auch im Dürrfutter Energiegehalte von 6,0 MJ NEL und Eiweißgehalte von 14% gefordert bzw. auf dem Hochleistungsbetrieb von den Fütterungsexperten erwartet.

Die Nährstoffanforderungen hoch leistender Milchkühe können durch die erreichbaren Energiegehalte von Bodenheu nicht erfüllt werden. Im Frühjahr gibt es für den ersten Schnitt meist nur wenige Erntegelegenheiten (Formayer *et al.*, 2000 und Luder, W., 1982). Kann der erste Schnitt wetterbedingt statt im Wachstumsstadium Ähren-/Rispenstadien erst Mitte bis Ende der Blüte gemacht werden, bedeutet das einen Verlust von ca. 0,6 MJ NEL pro kg Trockenmasse

(Gruber *et al.* 2009). Der Nutzungszeitpunkt beeinflusst den Rohfaser- und damit auch den Energiegehalt und den Rohproteingehalt des Grünlandfutters besonders stark.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, haben sich bereits vor mehr als 40 Jahren die Heubetriebe von der Bodentrocknung, damals teilweise auch noch verbreitet von der Gerüsttrocknung, zur Unterdachtrocknung hin entwickelt. Anfänglich wurden Ziehschacht- und Giebelrostanlagen gebaut. Diese konnten den ständig steigenden Anforderungen an Durchsatzleistung, immer noch früheren Ernteterminen und kürzeren Feldliegezeiten und damit höheren Restfeuchtegehalten nicht mehr gerecht werden. Daraus entwickelte sich die klassische Kaltbelüftungsanlage als Kastentrocknung. Diese besteht aus einem Flachrost mit seitlichen Wänden und ist mit einem druckstabilen Radialventilator kombiniert.

Heute wollen die Heubetriebe die bereits angesprochene Grundfutterqualität mit Betriebsgrößen von teilweise über 60 ha zu maximal zwei Ernteterminen einfahren. Das braucht Anlagengrößen von 200 m² Stockgrundfläche und mehr und Stockhöhen bis zu 6 m. Gleichzeitig müssen die höhere Einfuhrfeuchte und damit der höhere Wassergehalt im Futter aber auch von der Trocknungsluft aufgenommen und abtransportiert werden können. Das wiederum macht die Luftanwärmung im spezialisierten Heubetrieb zu einem unverzichtbaren technischen Ausrüstungsdetail. Ölfeueungsanlagen haben dabei ausgedient. Heute werden Anlagen mit solarer Luftanwärmung, mit der Restwärmenutzung bei Biogasanlagen, Hackgut- oder Scheitholzbeheizung mit Register oder Entfeuchtertrocknungsanlagen - mit der die Luft nicht nur erwärmt, sondern am Verdampfer auch entfeuchtet wird - betrieben. Auch die Kombination von mehreren Luftanwärmungssystemen ist mittlerweile stark verbreitet.

Problemstellung

Für die betroffenen Landwirte ergeben sich aus diesen mittlerweile reichhaltigen Angeboten seitens der Industrie allerdings auch viele Fragestellungen - hinsichtlich Technik und der Anwendung. Neben den Investitionskosten - große Heutrocknungsanlagen sind mit über 200.000,- Euro zu kalkulieren - sind es vor allem Fragen nach dem Mehrertrag an Futterqualität, dem richtigen Einfuhrzeitpunkt, der richtigen Vorbehandlung (Mähen - Aufbereitung - Zetten - Schwaden - Ernten, Transportieren - Einlagern) und der Trocknungsprozessführung (Steuerungs- und Regeltechnik). Die Betriebsführer sind dabei oft mit sehr unterschiedlichen „Firmenphilosophien“ konfrontiert.

Material und Methoden

Am LFZ Raumberg-Gumpenstein wurden in den Jahren 2010 bis 2012 drei Heutrocknungsverfahren - die Bodenheutrocknung, die Kaltbelüftung und die Entfeuchtertrocknung - in Kombination mit solarer Luftanwärmung - miteinander verglichen. Aus landtechnischer

Sicht wurden die Verfahren hinsichtlich Maschineneinsatz am Feld, der Feldverluste, der baulich-technischen Aufwendungen und des Energiebedarfes analysiert. Aufgrund technischer Probleme an der Entfeuchtungsanlage im Jahr 2010 wird für die Interpretation der Ergebnisse dieses Erntejahr nicht berücksichtigt. Im Jahr 2013 wurden in der Entfeuchtertrocknung weitere Futterchargen von anderen Betriebsflächen und vor allem in größeren Mengen getrocknet.

Feldarbeiten und Fläche

Die Versuchsfläche - eine Dauerwiese mit rund 11 ha - wurde viermal genutzt. Im Jahr 2012 konnte aufgrund einer großflächigen Überschwemmung der 3. Schnitt nicht durchgeführt werden.

Die Fläche wurde jeweils mit zwei Front-Heck-Kombinationen, ab dem Jahr 2011 mit Mähauflbereiter (Zinken) gemäht. Unmittelbar nach dem Mähen wurde das Futter mit einem gezogenen Zettwender breit gestreut. In Abhängigkeit vom Abtrocknungsverlauf des Futters wurde das Futter der Konservierungsvarianten gezettet. In der Regel wurde das Futter für die Entfeuchterheuvariante (EH) nach dem Breitstreuen noch 1x, das Futter für die Kaltbelüftung (KH) noch 2x und das Futter für das Bodenheu (BH) noch 3x gewendet. Die Abweichungen mit geringerer Wendehäufigkeit ergaben sich meist beim 2. und 3. Schnitt, während beim 4. Schnitt bei jeder Variante um 1-2 Mal häufiger gewendet wurde. Die Einstellung des Zettwenders wurde so gewählt, dass der Mähswad mit rund 480 bis 500 U/min an der Zapfwelle breit gestreut wurde. Bereits beim zweiten Mal Wenden wurde nur mehr 380 bis 430 U/min an der Zapfwelle gearbeitet. Geschwadet wurde das Futter 0,5 bis 1,0 Stunden vor der Ernte. Zur Schwadarbeit wurde ein Mittelschwader mit Tastrad eingesetzt. Gefahren wurde mit rund 400 U/min an der Zapfwelle und einer Fahrgeschwindigkeit von 10 bis max. 12 km/h.

Die im Rahmen dieses Versuches eingesetzten Maschinen und Geräte sind in der *Tabelle 1* dargestellt.

Tabelle 1: Eingesetzte Maschinen und Geräte zur Futterbergung, Heuprojekt Raumberg-Gumpenstein 2010 bis 2013

Tätigkeiten Maschinen	Gerät, Type	Verwendungsbereich, verwendeter Traktor	Techn. Details
Traktoren	Fendt 310 Vario	Mähen, Ernten	77 kW
	Steyr Profi 4115	Mähen, Ernten	85 kW
	Steyr 975	Zetten	55 kW
	Fendt 209	Zetten, Schwaden	67 kW
Mähen	Krone EasyCut R 280 CV+ EasyCut 32 CV Float	Fendt 311 Vario	AB: 5,49 m ¹⁾
	Front-Heck-Kombination Pöttinger NovaCut 305 + NovaCut 305 Alpha Motion Front-Heck-Kombination	Steyr Profi 4115	AB: 5,68 m ¹⁾
Zetten	Lely Lotus 900 P	Steyr 975	AB: 9,0 m 380 - 500 U/min
Schwaden	Pöttinger EuroTop 620 Multitast	Fendt 209	AB: 5,90 400 U/min
Ernten	Pöttinger Ladeprofi IV	Steyr Profi 4115	29 DIN m ³
	Pöttinger Ladeprofi IV	Fendt 310 Vario	29 DIN m ³

AB= Arbeitsbreite, ¹⁾ mit 40 cm Überschnitt gerechnet

Geladen und eingefahren wurde das Futter mit zwei baugleichen, altersbedingt unterschiedlichen Ladewagen (siehe *Tabelle 1*). Die Ladewagen sind mit 31 Messern bestückt, davon waren in der Regel 6 Stück im Eingriff. Beim vierten Schnitt wurde ohne Messereinsatz gearbeitet. Einmalig waren alle Messer eingesetzt. Jede Fuhre wurde an der Brückenwaage in Gumpenstein verwogen und die Gewichte protokolliert.

Bodenheuerung

Die gesamte Versuchsfläche wurde mit zwei Mähwerkskombinationen gemäht, unmittelbar danach wurde das Futter breit gestreut. Das Bodenheu unterscheidet sich am Feld nur durch eine höhere Anzahl an Wendevorgängen - in Summe wurde das Bodenheu mindestens drei- und maximal sechsmal gezettet bzw. gewendet - und durch längere Feldliegezeiten. Im Durchschnitt lag das Bodenheu drei Tage am Feld, der Bereich erstreckte sich von zwei Tagen bis zu fünf Tagen. Der vierte Schnitt wurde in der Regel unter „künstlichen“ Bedingungen - d.h. das Futter wurde in einem überdachten Lagerplatz locker aufgelegt - endgetrocknet, obwohl fast alle Schnitttermine noch in der zweiten Septemberhälfte lagen.

Kalbelüftungsanlage und Betrieb

Das Futter für die Kaltbelüftung wurde nach dem Mähen in der Regel dreimal gewendet - der Bereich erstreckt sich von einmal bis fünfmal Zetten - und bei einem Trockenmassegehalt von rund 75 % geschwadet und danach eingefahren und gewogen. Das Futter wurde mit einem Heukran in die Heubox mit einer Grundfläche von rund 71 m² (8,7 x 8,15 m) eingelagert. Die Heubox hat eine Bauhöhe von 3,90 m und eine Brutto-Rosthöhe von 50 cm (lichte Höhe 45 cm). Daraus ergibt sich ein nutzbares Lager- und Trocknungsvolumen von 241 m³. Belüftet wird die Anlage mit einem Radialventilator Typ RE 901 mit 7,5/5,5 PS/kW Motorleistung. Im Prüfbericht der BLT Wieselburg (Prot. Nr. 011/72) wird bei einem Gesamtdruck von rund 1130 Pa noch eine Luftleistung von 3,9 m³/sec (14.000 m³/h) erreicht. Im praxisüblichen Arbeitsbereich von rund 490 Pa sind es bereits 7,8 m³/sec (28.200 m³/h). Mit diesem Lüfter wird bei der gegebenen Heuboxengröße 71 m² Grundfläche der notwendige Volumenstrom ausreichend abgedeckt.

Entfeuchter- und Solartrocknungsanlage (verändert nach Sattler, 2012)

Das Futter für die Entfeuchtertrocknung wurde nach dem Mähen in der Regel zweimal gewendet - der Bereich erstreckt sich von einmal bis viermal Zetten. Geschwadet und eingefahren wurde das Futter bei einem Trockenmassegehalt von rund 65%. Der Range erstreckte sich grob zwischen 50 auf 70% TM.

Diese Heutrocknungsanlage am LFZ Raumberg-Gumpenstein besteht aus einer Luftentfeuchter-Wärmepumpe und einem Lüfter mit der nötigen Steuer- und Regelungstechnik. Zusätzlich wurde nachträglich ein Solarkollektor in die gesamte Dachfläche des Mehrzweckversuchstalles eingebaut. Durch die Kombination der Luftentfeuchter-Wärmepumpe

und der solaren Luftanwärmung mit einer effizienten Steuerung soll der Energieaufwand und damit die variablen Kosten für die Heutrocknung minimiert werden.

Solarkollektor

Der Solarkollektor für die Heutrocknungsanlage wurde nachträglich in die Dachfläche des Mehrzweckversuchstalles integriert. Das Pfettendach wurde von innen mit Spanplatten als Verschalung ausgekleidet. Die Kollektorkanäle werden von der Abdeckung, den Balken und den Spanplatten gebildet. Die Pfettenhöhe beträgt 180 mm. Der Kollektor ist als freiliegender Absorber ausgeführt, d.h. das Dachabdeckmaterial (Welleternit) fungiert als Absorber. Das Absorptionsvermögen und die Wärmeleitfähigkeit dieser Absorberfläche sollen möglichst groß sein, um möglichst viel der absorbierten Energie an dessen Unterseite zu transportieren. Die Neigung der Dachflächen beträgt 20 Grad und die Ausrichtung ist Nord/Süd. Ein nach Süden ausgerichtetes Dach mit einer Neigung von 20 Grad kann während der Dürrfutterperiode die beste Wirkung erzielen. Die Nettofläche, die den Solarkollektor bildet, beträgt 410 m². Mit der Annahme einer Leistung von 200 W/m² und der Berücksichtigung der verringerten Leistung der Nordseite der Dachfläche nach *Tabelle 2* beträgt die Gesamtleistung der Dachabsaugung rund 71 kW. Die Kollektorfläche beträgt mehr als das Vierfache der Grundfläche der Heubox mit 96 m². Die Systemskizze (*Abbildung 1*) zeigt die Luftableitung durch den Solarkollektor und den Sammelkanal in die Lüfterkammer.

Heubox

Die Grundfläche der Heubox beträgt 96 m² bei einem Volumen von 576 m³ (L x B x H = 12,0x8x6x6 m mm). Die Belüftungsbox besteht aus Holzwänden mit Kantholzstehern, die mit einem U-Profil-Überleger eingerahmt sind. Der Rost besteht aus Baustahlgitter (CQS 100) mit darunter liegenden Auflegern (50 x 150 mm), die ihrerseits wieder auf Rundhölzern aufliegen. Die Rosthöhe beträgt 60 cm (Unterkante) und ist in der Höhenangabe der Box enthalten. Um seitliche Luftverluste zu vermeiden ist der Rost zur Einwandung hin in einer Breite von 60 cm geschlossen. Daraus ergibt sich ein tatsächliches Einlagerungsvolumen bis zum Boxenrand von 518,4 m³. Der Einblaskanal für das

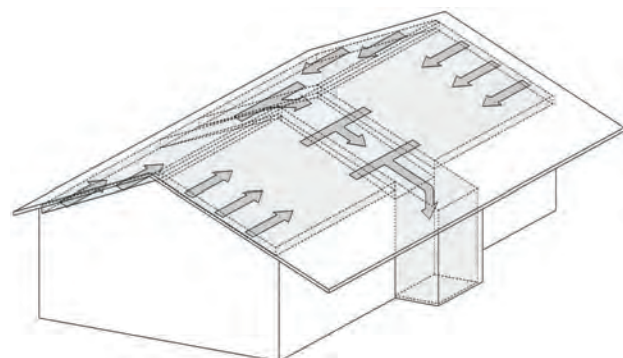


Abbildung 1: Solarkollektor LFZ Raumberg-Gumpenstein Pfettendach mit vier Kollektorfeldern auf zwei Dachflanken mit mittig angeordnetem Sammelkanal (Agroscope Reckenholz-Tänikon ART)

Gebläse befindet sich mittig angeordnet an der Nordseite der Box. Am oberen Boxenrand wurde bei jedem Versuchsdurchgang eine zusätzliche Boxenüberhöhung mit ca. 2 m Höhe bis unter die Brückenkranschiene montiert. Diese besteht aus Kompostvlies und wird auf am Boxenrand aufgesteckte Stahlrohre aufgezogen. Dieses dient dazu, die aus dem Heustock austretende Luft bei Umluftbetrieb möglichst in Richtung der Umluftklappe zu lenken. Dadurch sollte ein möglichst hoher Anteil an warmer, feuchter Luft wieder in den Umluftbetrieb zurück gebracht werden. In Vorversuchen mit einer Nebelmaschine konnte gezeigt werden, dass ohne Boxenüberhöhung ein zu hoher Anteil an feucht-warmer Luft im Heubergeraum verloren geht.

Ventilator

Den nötigen Volumenstrom liefert ein Ventilator SR 1000 mit einer Nennleistung von 22 kW. Dieser ist für Boxengrößen bis 220 m² geeignet und damit für die hier verwendete 96 m² Stockgrundfläche sehr groß dimensioniert. Die technischen Daten des Ventilators sind in der *Tabelle 2* dargestellt.

Tabelle 2: Technische Daten des Ventilators der Entfeuchter-Solaranlage, Heuprojekt am LFZ Raumberg-Gumpenstein 2010 bis 2014

Type	SR 1000 / 22 / 6 / RD 270
Baujahr	2011
Luftfördermenge max. in m ³ / h	55.000
Nennleistung PA, in kW	22
Nennstrom I _n , in Ampere	44,5
Spannung / Frequenz in V / Hz	400 / 50
Nennzahl in U / min	980

Luftentfeuchter-Wärmepumpe

Die verbaute Luftentfeuchter-Wärmepumpe der Firma Reindl Kältetechnik GmbH erfordert eine elektrische Anschlussleistung von 16 kW (technische Daten siehe *Tabelle 3*). Die Abmessungen betragen 2.000 x 2.150 x 110 mm (L x H x T). Die Nettoquerschnittsfläche der Register, die von der Trocknungsluft durchströmt werden, beträgt 4 m². Die Anordnung der Luftentfeuchter-Wärmepumpe erfolgt im Hauptstrom, d.h. der gesamte vom Gebläse angesaugte Trocknungsluftstrom muss den Entfeuchter passieren. Bei einem Luftdurchsatz von 35.000 m³/h (entspricht 0,10 m³/s * m² für die Heubox mit 96 m² Grundfläche), bedeutet das eine Strömungsgeschwindigkeit von etwa 2,4 m/s. Das Kältemittel wird von einem Schraubenverdichter mit integrierter Ölwanne komprimiert, der zwischen Verdampfer- und Kondensatorregister angeordnet ist. Die stufenlose Drehzahlregelung erfolgt automatisch geräteintern mittels Frequenzumformer in Abhängigkeit des Kältemitteldruckes. Der Entfeuchter kann sich so an Änderungen des Luftdurchsatzes anpassen und ungünstige Betriebszustände einschränken. Eine Vereisung des Verdampfers bei geringen Außentemperaturen kann so ebenfalls vermieden werden. Das Kondensat wird über eine Öffnung an der Geräteunterseite abgeführt. Am Schaltschrank kann eingestellt werden, unter welcher relativen Luftfeuchte der Entfeuchter abschalten soll. Der Entfeuchter ist für Heuboxen bis 160 m² bzw. für die Trocknung von 40 Stück Heurundballen ge-

eignet. Damit soll, je nach Ausgangsfeuchte, eine maximale tägliche Einfuhrleistung von 10-18 ha/Tag möglich sein.

Tabelle 3: Technische Daten der Luftentfeuchter-Wärmepumpe, Heuprojekt am LFZ Raumberg-Gumpenstein 2010 bis 2014

Type	SR 60 N MJR
Baujahr	2011
Kältemittel	R407c
Kältemittelmenge in kg	45
Spannung in V	400
E-Anschlussleistung in kW	16

Steuerung

Die Steuerung der Heutrocknungsanlage erfolgt mittels SPS-Steuerung und ist als Komfortsteuerung ausgeführt. In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Funktionskreise erklärt und auf die steuerungsrelevanten Parameter eingegangen. Anfang 2012 wurde die Anlage auf eine Touch-Screen geführte Steuerungsoberfläche umgebaut.

Betrieb mit solarer Luftanwärmung

Meist wurde am früheren bis späteren Nachmittag die Ernte der EH-Variante bei noch guten Witterungsbedingungen durchgeführt. In diesem Fall wurde die gesamte, über die solare Luftanwärmung zur Verfügung stehende Energie genutzt und der Ventilator konnte mit der vollen Stromaufnahme (50 Hz, 44,5 A) gefahren werden. Je nach Feuchtegehalt des Futters und Stockhöhe wurden dabei 40.000 bis 55.000 m³/h Trocknungsluft durch den Heustock gedrückt.

Betrieb mit Entfeuchter-Wärmepumpe - Umluftbetrieb

Wenn die Ansaugtemperatur auf der Dachfläche nur mehr 3 °C über der Heustocktemperatur lag, wurde automatisch von solarer Unterdachabsaugung auf Umluftbetrieb umgeschaltet – Lüfterklappe offen – und die Entfeuchter-Wärmepumpe in Betrieb genommen. Gleichzeitig wurde der Ventilator automatisch auf 29 Ampere Stromaufnahme (Frequenz 44 Hz) reduziert. Erst nach der Betriebsfreigabe konnte der Entfeuchter auf Nennzahl anlaufen. Umgekehrt wurde der Steuerungskreislauf für die Umstellung von der Nachttrocknung oder Trocknungsluftführung bei Schlechtwetter mit Umluftführung auf die solare Unterdachabsaugung geschaltet. Bei mehr als 5°C Temperaturdifferenz zwischen (oberhalb der Heubox) innen und außen (Solardachtemperatur), wurde die Umluftklappe geschlossen und über das Solardach angesaugt. Etwas zeitverzögert wurde dann der Entfeuchter abgeschaltet und das Gebläse wurde freigegeben und konnte wieder mit maximaler Frequenz betrieben werden.

Messtechnik

Messfühler

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Luftentfeuchter-Wärmepumpe wurden mehrere Sensoren zur Erfassung der Luftzustände während der Trocknungsdauer installiert. In *Abbildung 2* sind die Positionen der Messstellen markiert und in *Tabelle 4* sind die Sensoren und die damit gemessenen Größen angegeben.

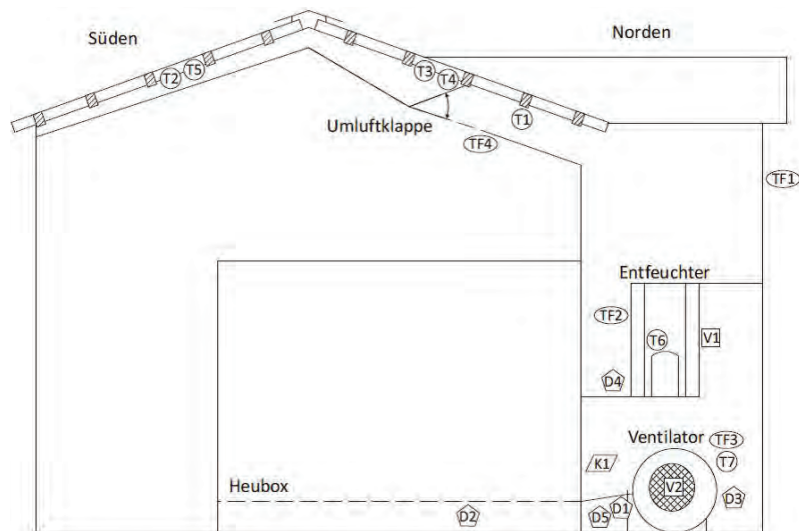


Abbildung 2: Messstellenplan der Anlage am LFZ Raumberg-Gumpenstein, Heuprojekt 2010 bis 2013

Entsprechend dem Messtechnikplan wurden für die Aufnahme der Messdaten Temperatursensoren, Temperatur-/Feuchtesensoren, ein Strömungsgeschwindigkeitssensor sowie ein Vibrationssensor verwendet. In der Lüfterkammer wurde ein Taupunktsensor installiert. Zur Druckmessung kamen für den statischen Druck Druckmessumformer und für den dynamischen Druck ein Prandtlrohr im Einblaskanal zum Einsatz.

Witterung

Die Witterungsverhältnisse während der Feldtrocknungsphase und für die Dauer der Unterdachttrocknung wurden den Datenaufzeichnungen der Klimastation der ZAMG in Gumpenstein entnommen. Diese Messdaten lagen im Stundenintervall vor. Für die Berechnung der Luftdaten wurde ein über die Beobachtungsdauer herrschender mittlerer Luftdruck von 940 hPa eingesetzt. Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit der Außenluft wurden während der Belüftungsdauer auch von der Steuerung im Minutenintervall aufgezeichnet.

Stromverbrauch

Die Daten für den Stromverbrauch der Anlage wurden wie die Luftmessdaten im Minutenintervall während der Dauer der Trocknungsdurchgänge aufgezeichnet. Die Geräte hatten keine Betriebsstundenzähler. Die Laufzeit von Gebläse und Entfeuchter wurde daher mit den Luft- und Strommessdaten ermittelt.

Bestimmung der Bröckel- und Aufnahmeverluste

Die Bröckelverluste am Feld wurden unmittelbar nach der Ernte von den einzelnen Variante bestimmt. Dazu wurde die Gesamtfläche grob von West nach Ost in fünf Sektoren eingeteilt. Die Sektoren selbst wurden wiederum in vier Teilflächen geteilt, die den Versuchsvarianten Silage (S), Entfeuchterheu (EH), Kaltbelüftungsheu (KH) und Bodenheu (BH) entsprachen. Damit konnten lokale

Flächenunterschiede und der fortlaufende Trocknungsprozess gleichmäßig auf alle Varianten aufgeteilt werden.

Die Messstellen wurden rund 50-80 m vom jeweiligen Feldrand entfernt von Schnitt zu Schnitt flexibel, meist von derselben Versuchsperson festgelegt. Die Messstellen lagen jeweils links oder rechts vom Aufnahmeschwad. Damit wurden die Bröckel- und Aufnahmeverluste vom Mähen bis zum Schwaden erfasst. Pro Variante wurden 10 Messstellen abgesaugt - 5 Sektoren und je Sektor zwei Messstellen - eine an der Nordseite und eine an der Südseite.

Die Bestimmung erfolgte mit der Saugmethode. Dazu wurde ein Industriestaubsauger mit dem runden Saugschlauchende verwendet. Der Antrieb wurde mittels Notstromaggregat sichergestellt. Ein 1 m² großer Messrahmen wurde auf die abgeerntete Oberfläche gelegt. Dann wurde in langsamen

Hin- und Herbewegungen im Bodenabstand von 3-5 cm, das oberflächlich aufliegende Pflanzenmaterial abgesaugt. Das Absaugen wurde in beide Richtungen und in zweifacher Wiederholung durchgeführt. Die abgesaugten Pflanzenteile wurden vom Industriestaubsauger in beschriftete Papiersäcke geleert. Das Futter wurde anschließend in den Säcken verbleibend in der Trocknungsanlage auf Gewichtskonstanz (Heugewicht) getrocknet, einzeln gewogen und von einer

Tabelle 4: Messstellenübersicht

Sensor	Einheit	Beschreibung
Temperatur		
T1	°C	Solardachtemperatur
T2	°C	Dachtemperatur Südwest
T3	°C	Dachtemperatur Nordwest
T4	°C	Dachtemperatur Nordost
T5	°C	Dachtemperatur Südost
T6	°C	Temperatur in Entfeuchter
T7	°C	Taupunkttemperatur
Temp. / Feuchte		
TF1	°C/%	Temp. / Feuchte Außen
TF2	°C/%	Temp. / Feuchte vor Entfeuchter
TF3	°C/%	Temp. / Feuchte Lüfterkammer
TF4	°C/%	Temp. / Feuchte über Heu
Druck		
D1	Pa	Differenzdruck Heubox zu Lüfterkammer
D2	Pa	Differenzdruck Heubox Außen
D3	Pa	Differenzdruck Lüfterkammer zu Außen
D4	Pa	Differenzdruck vor/nach Entfeuchter
D5	Pa	Dynamischer Druck Prandtlrohr im Einblaskanal
Volumenstrom		
V1	m/s	Volumenstrom nach Entfeuchter
V2	m/s	Volumenstrom vor Gebläse
Kondensat		
K1	Liter	Kondensatabscheidung im Entfeuchter

Mischprobe die Trockenmasse aus der Heuprobe bestimmt. Der feine Erdanteil wurde händisch bei jeder Probe vor dem Einfüllen abgetrennt, was das nicht eindeutig möglich, wurden die Proben durch einen Windsichter gereinigt.

Ergebnisse

Abtrocknungszeiten am Feld

In der *Tabelle 5* sind die in den Versuchsjahren 2010 bis 2012 durchschnittlich gemessenen Feldliegezeiten der einzelnen Konservierungsformen aufgelistet. Insbesondere beim ersten, zweiten und dritten Schnitt kann die solarunterstützte Entfeuchterheu-Variante um einen Halbtage vor der Kaltbelüftungsvariante eingefahren werden. Durch die Kombination mit der solaren Unterdachtrocknung kann und soll damit die Ernte noch am Nachmittag bei guter Ausnutzung der Sonnenenergie durchgeführt werden. Dadurch ist es möglich und aus Energieeffizienzgründen notwendig, den Wärmekreislauf in der Trocknungsanlage noch vor den Abendstunden aufzuschaukeln und bei voller Ventilatorleistung bereits einen großen Wasseranteil aus dem Futter mitzunehmen. Dadurch kann der Entfeuchter bereits in einem optimaleren Wirkungsgradbereich mit der Arbeit beginnen. Die Feldliegezeiten für die Bodenheutrocknung zeigen genau die Problematik dieser Konservierungsvariante auf. Das Futter musste bereits beim dritten Schnitt durchschnittlich über zwei Tage am Feld trocknen. Beim vierten Schnitt - ab Mitte September - war mit dieser Konservierungsvariante kein lagerstabiles Heu mehr zu ernten. Die Versuchsfutterpartien wurden durchschnittlich nach 2,5 Tagen in der Futterhalle locker aufgelegt, um das Futter fertig trocknen zu lassen.

Tabelle 5: Durchschnittliche Feldliegezeiten der unterschiedlichen Konservierungsformen, vom Mähen bis zum Einfahren in den Jahren 2010-2012, Dauerwiese, Heuprojekt LFZ Raumberg-Gumpenstein

Varianten	Silage	EH	KH	BH
1. Schnitt	10,2	18,8	26,4	37,3
2. Schnitt	3,2	16,5	25,1	34,5
3. Schnitt	6,2	20,0	28,8	51,3
4. Schnitt	23,2	41,9	49,9	58,6 ¹⁾

¹⁾ Stundenwerte nicht realistisch, weil das Futter nach dieser Zeit noch feucht unter Dach locker aufgelegt wurde.

Ausgesuchte Ergebnisse zur solarunterstützten Entfeuchtertrocknung

In der folgenden Ergebnisdarstellung wird in erster Linie auf die Versuchsdurchgänge aus dem Jahr 2011 Bezug genommen. Aus diesem Abschnitt liegen die Trocknungsdaten bereits in ausreichend ausgearbeiteter Form vor. Anstelle des ersten Schnittes von der Versuchsfläche wurde ein Praxisversuch in die Auswertung mit hineingenommen.

Die Heudaten wurden für alle Schnitte ermittelt. Für den Praxisdurchgang wurden nach der Einlagerung keine Feuchtegehalte mehr ermittelt und die Stockhöhen wurden beim zweiten Durchgang nicht festgehalten. Bei den Durchgängen für die Fütterungsversuche konnten wegen der geringen Futtermengen nur die Füllhöhen in der Heubox

Tabelle 6: Heudaten aus dem Versuchsjahr 2011, Heuprojekt LFZ Raumberg-Gumpenstein (Sattler, 2012)

Parameter / Schnitte	Einheit	1P	2	3	4
Welkheumasse	kg	26395	11415	18255	13525
Einlagerungsfeuchte	% FN	32,5a	32,8	48,4	34,6
Trockenmasse	kg	17817	7671	9420	8845
Endfeuchte (7 d)	% FN	14,0b	16,8	17,6	14,7
Heumasse (Endfeuchte)	kg	20717	9220	11432	10370
Abzutrocknende Wassermasse	kg	5678	2195	6823	3155
Wasserdeckel	kg/m ²	59	23	71	33
Stockhöhe Einlagerung	m	3,5	-	2,0	1,5
Stockhöhe abgesetzt	m	2,5	-	1,8	1,4
Raumgewicht Einlagerung	kg/m ³	78,6	-	95,1	93,9
Raumgewicht abgesetzt	kg/m ³	86,3	-	66,2	77,2
Raumgew. Einlagerung TM	kg/m ³	53,0	-	49,1	61,4
Raumgew. abgesetzt (TM)	kg/m ³	74,2	-	54,5	65,8

bis maximal 2 Meter erreicht werden. Das Material vom Praxisdurchgang reichte immerhin für eine Füllhöhe von 3,5 m bei der Einlagerung (*Tabelle 6*).

Trocknung vom 30.5. bis 2.6., 1. Schnitt 2011

Für den Praxisdurchgang wurde eine größere Menge Futter vom 1. Schnitt gemäht, was eine Füllhöhe in der Box von 3,5 m ermöglichte. Die Belüftung wurde am 30.05. nach dem Aufbringen der ersten Schicht in der Box eingeschaltet. Wegen dem durch die geringe Schichtdicke niedrigen statischen Druck lag der Volumenstrom anfangs bei rund 50.000 m³/h und reduzierte sich bis zum Ende der ersten Dachabsaugungsperiode um 19:30 Uhr auf etwa 45.000 m³/h. Die Umschaltung auf den Umluftbetrieb aktivierte die Drehzahlbegrenzung des Lüfters und reduzierte den Volumenstrom auf 30.000 m³/h. Diese Reduktion ist beim Entfeuchterbetrieb notwendig, da die Luftgeschwindigkeit beim Durchströmen der Entfeuchterregister sonst zu hoch wäre. Bei der Umschaltung betrug die Temperatur in der Lüfterkammer noch 26°C bei einer relativen Luftfeuchte von nur 35%.

Die Temperaturdifferenz zwischen Heustock und Lüfterkammer betrug während dieser Dachabsaugungsphase durchschnittlich 4,2°C, die Abluftfeuchte über dem Heustock lag bei lediglich 60%. Während der nächtlichen Umluftphase mit Entfeuchterbetrieb stieg die rel. Luftfeuchte in der Lüfterkammer auf durchschnittlich 50%. Die Temperatur stieg anfänglich noch leicht an und fiel bis 06:50 Uhr auf 23°C ab, die minimale Außentemperatur während der Nacht betrug 12°C. Die Temperaturspreizung vor/nach Heu blieb konstant, die durchschnittliche Anwärmung durch den Entfeuchter lag bei 5,7°C.

Die Abkühlung der Luft durch Gebäudeundichtheiten lag demnach bei 1,5°C zwischen der Messstelle über Heu und vor dem Entfeuchter, die Abluftfeuchte steigerte sich auf 73%. Die Kondensatabscheidung am Entfeuchter begann um ca. 20 Uhr. Der Kippzähler registrierte durchschnittlich 0,46 l/min, was einer auf den Volumenstrom bezogenen Entfeuchtung von 0,94 g/m³ trockener Luft entspricht. Nach Umschaltung auf Dachabsaugung arbeitete der Entfeuchter weiter im Frischluftbetrieb bis zum Anlagenausfall um 08:35 Uhr für ca. eine Stunde. Nach erneutem Einschalten der Anlage lief die Dachabsaugung bis 17 Uhr mit 42.000 m³/h bei Schönwetter. Bei einer mittleren Abluftfeuchte

von 73% steigerte sich die Temperaturspreizung auf 7,0°C, was einer Wasserdampfaufnahme der Trocknungsluft von 3,9 g/kg entspricht.

Die zweite Umluftbetriebsphase dauerte bis 01.06. um 11:17 Uhr. Während dieser Zeit schaltete die Steuerung aber auch mehrmals kurzzeitig in den Frischluftbetrieb um, weil der Solardachsensoren Temperaturänderungen registrierte, die die Umschaltbedingungen erfüllten. Das deutete auf eine zu geringe Schalthysterese hin. Die Kondensatabscheidung begann erneut eine halbe Stunde nach der Umschaltung, der mittlere Volumenstrom betrug 29.000 m³/h. Die Temperatur in der Lüfterkammer verlief ähnlich, eine Differenz zum Außentemperaturverlauf von etwa 10°C konnte aufrechterhalten werden. Der Wasserzähler registrierte 0,36 l/min bei einer Entfeuchtung von 0,75 g/m³. Die relative Abluftfeuchte von 67% wurde durch den Entfeuchter auf 48% reduziert und im Schnitt um 5,3°C angewärmt. Die Temperaturspreizung ging durch den fortgeschritteneren Trocknungsverlauf auf 3,7°C zurück. Ein um die Mittagszeit aufziehender Regenschauer beendete den Frischluftbetrieb um 12:10 Uhr. Die folgende kurze Umluftphase brachte nur mehr 0,25 l/min Kondensatabscheidung (Entfeuchtung 0,52 g/m³). Es folgte wieder eine Dachabsaugung bis 18 Uhr mit mehreren kurzen Umschaltvorgängen. Die letzte Umluftphase im Automatikmodus wurde am 02.06. um 14:55 Uhr nach 71 Betriebsstunden beendet.

Beim zweiten Schnitt war die Trocknungsperiode nur sehr kurz, es wurden nur 51,7 l Kondensat abgeschieden, weshalb dieser Versuchsdurchgang nicht extra besprochen wird.

Trocknung vom 12.8. bis 21.8., 3. Schnitt 2011

Die Anlage wurde am 12.08. um 15 Uhr für die Trocknung des 3. Schnittes eingeschaltet. Aufgrund des Schönwetters lief der Dachabsaugungsmodus mit 30°C und unter 50% relativer Luftfeuchte in der Lüfterkammer. Der Entfeuchter wurde erst am nächsten Tag um 15:30 Uhr eingeschaltet. Die erste Kondensatabscheidung am Entfeuchter wurde am 13.08. um 16:07 Uhr nach einer halben Stunde Entfeuchterlaufzeit während der Dachabsaugungsphase registriert. Die Umschaltung erfolgte bei 23°C Außentemperatur mit rund 80% relativer Luftfeuchte. Bei bedecktem Himmel und leichtem Regen erfolgte anfangs nahezu keine Anwärmung der Dachfläche. Die Trocknungsluft hatte nahezu Außenluftzustand bis zum Betriebsbeginn des Entfeuchters. Die Kondensationsleistung während der nächtlichen Umluftphase betrug durchschnittlich 0,8 l/min (1,6 g/m³). Die Temperaturdifferenz vor dem Entfeuchter zur Lüfterkammer betrug im Mittel 6,8°C.

Bei diesem Versuchsdurchgang kam es zu mehrmaligen Betriebsausfällen aufgrund des gleichzeitigen Betriebes der Entfeuchteranlage und des freigegebenen Ventilators und damit zu einer Überlastung der mit 50 A abgesicherten Stromversorgung.

Versuchsdurchgänge im Jahr 2012

Die Versuchsdurchgänge aus dem Jahr 2012 beziehen sich auf zwei erste Schnitte (19.-21. und 25.-30. Mai auf der Warmlufttrocknung), einem zweiten (29.-30. Juni) und einem vierten Schnitt (17.-21. September). Der dritte Schnitt

konnte aufgrund einer Überschwemmung nicht geerntet werden. Das stark verschmutzte Futter wurde gemäht und abtransportiert.

Beim ersten Schnitt und der Trocknung vom 19. bis zum 21. Mai herrschten optimale Trocknungsbedingungen, sodass mit der Trocknung bereits um 14:30 Uhr begonnen werden konnte. Über Nacht wurde keine Kondensatbildung gemessen und am 20. Mai wurde die Anlage um 18:00 Uhr auf Nachlüften für den kommenden Tag, den 21.5. umgestellt.

Der zweite Durchgang, ebenfalls ein 2. Schnitt auf einer Praxisfläche, wurde am 26.5. in die Trocknungsanlage eingefahren und diese um 15:30 Uhr in Betrieb genommen. Am zweiten Tag (27. Mai) wurde die Luft über die Dachabsaugung angewärmt und erreichte Einblasttemperaturen von über 30°C. Nachtsüber wurden über den Luftentfeuchter im Umluftbetrieb durchschnittlich 0,55 l/min (33 l/h) an Kondensat gebildet. Am 28.5. wurde an der Anlage sogar eine Wasserabscheidung von 0,7 l/min gemessen.

Der zweite Schnitt - Einlagerung am 29. Juni, Beginn um 15:00 Uhr - wurde am nächsten Tag nur bis 21:00 Uhr durchgehend belüftet. Über Nacht wurden nur 25 - 35 l/h an Wasser abgesondert. Allerdings wurde bis zum 5. Juli noch auf Nachlüften gearbeitet.

Der vierte Schnitt wurde am 17. September eingelagert und bis zum 21.9. belüftet. Vom 17. auf den 18. September wurden über Nacht 0,8 l/min (48 l/h) entfeuchtet. Höchstwerte von 60 l/min wurden vereinzelt ebenfalls gemessen.

Bröckelverluste

In der *Tabelle 7* sind die Bröckel- und Rechverluste aus allen drei Versuchsjahren (2010 bis 2012) zusammengefasst. Die Erntebedingungen waren bis auf einen Termin (3. Schnitt 2011) für alle Varianten optimal. Die für die Bröckelverluste wichtige Zettarbeit wurde in fast allen Fällen ebenfalls nach den erforderlichen Empfehlungen durchgeführt - nur so oft wie unbedingt notwendig mit einer hohen Drehzahl an der Zapfwelle beim Breitstreuen (470 bis 500 U/min) sowie einer geringen Drehzahl beim Wenden (380 U/min).

Vergleicht man die Dürrfuttervarianten mit der Silage, bleibt die Warmbelüftungsvariante (solarunterstützte Entfeuch-

Tabelle 7: Bröckel- und Rechverluste auf einer Dauerwiese in kg TM/ha und Schnitt, Mittelwert aus den Jahren 2010 bis 2012, Heuprojekt LFZ Raumberg-Gumpenstein

Konservierungsverfahren	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	Mittelwert
Silage	160	169	127	162	154
Heu Entfeuchtertrocknung	234	204	155	191	196
Heu Kaltbelüftung	292	264	258	273	272
Heu Bodentrocknung	383	383	n.a.	392	386

n.a. = nicht auswertbar / fehlende Daten

tertrocknung) mit durchschnittlich nur 42 kg TM/ha und Schnitt an höheren Bröckelverlusten nur knapp dahinter, während es bei dem für die Kaltbelüftung geernteten Heu bereits 118 kg und im Vergleich zum Bodenheu bereits 232 kg TM/ha und Schnitt mehr Bröckelverluste sind. Stellt man den selben Vergleich innerhalb der Heutrocknungs-

verfahren an, dann bleiben bei der Variante Kaltbelüftung um 76 kg und bei der Bodenheuvariante um 190 kg TM/ha im Vergleich zur Entfeuchterheuvariante mehr an feinen Futterteilen am Feld liegen. Setzt man den Wert der Feinteile annähernd dem Kraftfutter gleich und berechnet daraus das Milchbildungspotenzial, dann unterscheidet sich die Entfeuchterheuvariante von der Bodenheuvariante um 1.520 l Milch, die pro Hektar und Jahr mehr am Feld liegen bleiben (190 x 2l/kg TM x 4 Schnitte).

Energieverbrauch und Kosten der Verfahren

Energieverbrauch

In der *Tabelle 8* für das Versuchsjahr 2011 und *Tabelle 9* für das Versuchsjahr 2012 sind die wichtigsten Daten zur Berechnung der Energiekosten aufgelistet. Das Versuchsjahr 2010 wurde aufgrund der technischen Schwierigkeiten und fehlenden Datensätze nicht in diese Auswertung

mit aufgenommen. Interessant und nicht ganz erklärbar ist die Tatsache, dass bei der Kaltbelüftung sowohl absolut, als auch relativ (spezifischer Energiebedarf in W/kg Wasserverdunstung) günstigere Abtrocknungsbedingungen gemessen wurden als bei der Warmbelüftung. Nur beim vierten Schnitt 2011 und beim ersten Schnitt 2012 war der spezifische Energiebedarf in W/kg abzutrocknenden Wassers bei der Entfeuchterheuvariante günstiger als bei der Kaltbelüftungsvariante.

Umgelegt auf die Energiekosten pro kg Heu schnitt die Kaltbelüftung mit Werten von 0,4 bis 2,4 Cent am günstigsten ab. Die Energiekosten für die solarunterstützte Entfeuchtertrocknung lagen hingegen zwischen 1,4 und Heu (kalkuliert mit 15 Cent/kWh).

Kosten

In *Tabelle 10* werden die beiden Unterdachtrocknungsverfahren, Kaltbelüftung und Warmbelüftung (solarunterstützte Entfeuchtertrocknung) hinsichtlich der Kosten (fixe und

Tabelle 8: Heudaten (Mengen, TM-Gehaltswerte und Energieverbrauchsdaten) der Schnitte im Jahr 2011, Heuprojekt LFZ Raumberg-Gumpenstein

Schnitt		1. Schnitt		2. Schnitt		3. Schnitt		4. Schnitt	
Ausgangsdaten	Einheit	Entf.	Kaltbel.	Entf.	Kaltbel.	Entf.	Kaltbel.	Entf.	Kaltbel.
Datum Einfuhr		18.5.	19.5.	28.6.	28.6.	12.8.	12.8.	23.9.	23.9.
Einfuhr FM	kg	16.225	4.065	11.415	7.950	18.255	13.345	13.525	4.380
TM	%	56,6	66,1	69,6	75,2	54,0	67,2	68,7	71,9
TM i.d.Box	kg	9.187	2.686	7.947	5.978	9.858	8.965	9.292	3.149
Heugewicht i.d. Box	kg	10.381	3.088	8.980	6.872	11.139	10.305	10.500	3.620
Wasser abzutrocknen	kg	5.844	977	2.435	1.078	7.116	3.040	3.025	760
Energieverbrauch									
pro Tonne TM	kWh	336	99	109	28	289	64	191	186
pro Tonne Heu	kWh	298	87	97	24	256	56	169	162
spez.Energiebed. Wasser	W/kg	529	273	356	156	400	189	586	771
Energiekosten (15 Cent/kWh)									
pro kg TM	Cent	5,0	1,5	1,6	0,4	4,3	1,0	2,9	2,8
pro kg Heu	Cent	4,5	1,3	1,4	0,4	3,8	0,8	2,5	2,4

Tabelle 9: Heudaten (Mengen, TM-Gehaltswerte und Energieverbrauchsdaten) der Schnitte im Jahr 2012, Heuprojekt LFZ Raumberg-Gumpenstein

Schnitt		1. Schnitt		2. Schnitt		4. Schnitt		
Ausgangsdaten	Einheit	Entf.	Kaltbel.	Entf.	Entf.	Kaltbel.	Entf.	Kaltbel.
Datum Einfuhr		19.5.	19.5.	26.5.	29.6.	29.6.	17.9.	18.9.
Einfuhr FM	kg	13.230	4.145	38.830	18.805	9.850	14.120	6.080
TM	%	56,6	66,1	60,2	62,4	75,9	65,2	72,8
TM i.d. Box	kg	7.491	2.739	23.358	11.727	7.475	9.208	4.427
Heugewicht i.d. Box	kg	8.465	3.095	26.395	13.251	8.447	10.405	5.002
Wasser abzutrocknen	kg	4.765	997	12.435	5.554	1.258	3.715	992
Energieverbrauch								
pro Tonne TM	kWh	87	66	146	140	25	306	111
pro Tonne Heu	kWh	77	57	129	124	22	271	97
spez.Energiebed. Wasser	W/kg	137	180	275	297	149	758	497
Energiekosten (15 Cent/kWh)								
pro kg TM	Cent	1,6	1,2	2,6	2,5	0,5	5,5	2,0
pro kg Heu	Cent	1,4	1,0	2,3	2,2	0,4	4,9	1,7

Anmerkung: 3. Schnitt ist wegen Hochwasser im Jahr 2012 ausgefallen

variable Kosten) miteinander verglichen. Die Investitionskosten stammen aus Kostenschätzungen und -vergleichen aus vergleichbaren Projekten in Österreich und der Schweiz. In der Kalkulation sind keine Gebäudekosten (Lager) und die Kosten für den Heukran enthalten, da diese Kosten in jedem Fall bei einem Heubergeverfahren zu tragen wären.

Entscheidenden Einfluss auf die Kostenbelastung pro kg Heu nehmen in erster Linie die Fixkosten. Diese können bei völliger Neuinvestition von Gebäude und Technik auf das Doppelte bis Dreifache steigen. Andererseits können diese bei größeren Betriebseinheiten auch deutlich sinken. In jedem Fall ist jedoch bei Anlagen mit Luftanwärmung von durchschnittlich 5 Cent Mehrkosten (gesamt) pro kg Heu auszugehen. Bei der Berechnung der variablen Kosten wurde für den Stromverbrauch ein Durchschnittswert aus den Versuchsaufzeichnungen herangezogen - 8 kWh pro 100 kg Heu für die Variante Kaltbelüftung und 10 kWh pro 100 kg Heu für die Warmbelüftung (solarunterstützte Entfeuchtertrocknung). Diese Werte decken sich mit älteren Literaturangaben bzw. liegen leicht darunter (Hilfiker, 1989; Laville-Studer, 1990). In dieser Berechnung ist allerdings der zu erwartende höhere Futterwert bzw. die geringeren Bröckelverluste, vor allem im Vergleich zur Bodentrocknungsvariante noch nicht enthalten. Für die entfallenen Feldarbeitszeiten - bei der Kaltbelüftung entfällt im Durchschnitt ein Zettvorgang, bei der solarunterstützten Entfeuchtertrocknung entfallen im Durchschnitt zwei Zettvorgänge, im Vergleich zur Bodentrocknung - können rund 0,8 Cent/kg Heu gegen gerechnet werden.

Literatur

Formayer, H., Weber, A., Eckhardt, S., Volk, G., Boxberger, J., Krompkolb, H., 2000: Endbericht zum Projekt „Ermittlung der verfügbaren Feldarbeitszeiten für die Landwirtschaft in Österreich“. BMLFUW, Wien.

Gruber, L., Resch, R., 2009: Mineralstoffversorgung von Milchkühen aus dem Grund- und Kraftfutter - Modellrechnungen auf Basis aktueller Analysen und Fütterungsempfehlungen. In: 36. Viehwirtschaftliche Fachtagung. Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 16.-17. April 2009, 41-75.

Tabelle 10: Kostenvergleich der Heutrocknungsverfahren

Investitionen	Einheit	Warm- belüftung	Kalt- belüftung	Anmerkungen
Ventilator - Investition	€	10.000	7.000	Warmbelüftung mit FU
Jährliche Belastung	€	665	949	ND 15 Jahre, 4%
Heubox, Rost, Kanäle - Investition	€	15.000	15.000	100 m ² Stockfläche, in Eigenleistung
Jährliche Belastung	€	942	942	ND 30 Jahre, 4%
Kollektor - Investition	€	10.000		250 m ² , in Eigenleistung
Jährliche Belastung	€	628		ND 30 Jahre, 4%
Entfeuchter - Investition	€	30.000		inkl. Steuerung
Jährliche Belastung	€	2.848		ND 15 Jahre, 4%
Summe Fixkosten/a	€	6.317	1.607	
Heuverbrauch/a	kg	146.900	146.900	20 ha Betrieb, 6.500 kg
TM Ertrag/ha.a				
Trocknungsmenge/a	kg	96.954	96.954	davon 2/3 Dürffutter
Fixkosten/kg Heu	Cent	5,50	1,70	
Energieverbrauch	kWh	10	8	pro 100 kg Heu
Variable Kosten/kg Heu	Cent	1,50	1,20	15 Cent/kWh
Gesamtkosten	Cent	7,00	2,90	pro kg Heu

- Hilfiker, J., 1989: Betriebswirtschaftlicher Vergleich zwischen Bodentrocknung und Heubelüftung. FAT Bericht 371. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon.
- Laville-Studer, K., 1990: Wie wirtschaftlich sind künstliche Heutrocknungsverfahren? FAT Bericht 384. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon.
- Luder, W., 1982: Ermittlung der Erntegelegenheiten und des Verlustrisikos aufgrund von Klimadaten, dargestellt am Beispiel der Rauhfutterernte. Dissertation an der ETH Zürich, Diss.Nr. 6981. 37-71.
- Pöllinger, A., 2003: Vergleich unterschiedlicher Heutrocknungsverfahren. Gumpensteiner Bautagung 2003. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irnding.
- Resch, R., 2007: Neue Futterwerttabellen für den Alpenraum. In: 34. Viehwirtschaftliche Fachtagung. Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 19.-20. April 2007, 61-75.
- Sattler, E., 2012: Untersuchung der Funktion einer Luftentfeuchter-Wärmepumpe in der Heubelüftung. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur, am H93 Department für Nachhaltige Agrarsysteme, H931 - Institut für Landtechnik. November 2012.
- Wirleitner, G., Galler, J., Nydegger, F., Pöllinger, A., Van Caenegem, L., Weingartmann, H., Wittmann, H., 2009: Qualitätsheu durch einfache und kostengünstige Heubelüftung. ÖAG Sonderbeilage, Info 3/2009, Geschäftsstelle: LFZ Raumberg-Gumpenstein, 8952 Irnding.

Auswirkungen unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Raufutterqualität

Reinhard Resch^{1*}

Zusammenfassung

Am LFZ Raumberg-Gumpenstein wurde in den Jahren 2010 bis 2012 ein Systemvergleich zwischen drei unterschiedlichen Heutrocknungsverfahren, nämlich Bodentrocknung, Kaltbelüftung und Luftentfeuchter-trocknung, durchgeführt.

Die Ergebnisse der chemischen und organoleptischen Untersuchungen zeigten, dass die Heubelüftungsverfahren qualitative Vorteile, insbesondere bei Rohprotein, β -Carotin, der OM-Verdaulichkeit und Futterenergie (ME und NEL) sowie bei den sensorischen Parametern Geruch, Farbe und Staubigkeit gegenüber der Bodentrocknung von Heu brachten. Unter den Bedingungen der insgesamt 11 Einzelversuche schnitt die Luftentfeuchter-trocknung in 5 Fällen besser ab als die Kaltbelüftung und in 9 Fällen besser als die Bodentrocknung. Technische Störungen wirkten sich bei Luftentfeuchter-trocknung in 4 Fällen negativ auf die Heuqualität aus. Während der Lagerung kam es in allen Trocknungsvarianten zu nicht unerheblichen Qualitätsverlusten an β -Carotin, OM-Verdaulichkeit und Futterenergie, wobei die Einbußen bei der Variante Bodentrocknung höher waren als bei Kaltbelüftung oder Luftentfeuchter-trocknung.

Schlüsselwörter: Heuqualität, Raufutterqualität, Heubelüftung, Unterdach-trocknung, Qualitätsverluste

Summary

In the years 2010 to 2012 a comparison of three different hay-drying-techniques was carried out at AREC Raumberg-Gumpenstein. The treatments „traditionell field drying“, „cold air drying“ and „dehumidification technique“ were tested with forage of permanent grassland, cut four times per year.

The results of chemical and organoleptic analysis showed advantages of the two ventilation drying treatments in terms of hay quality compared with field drying, especially for crude protein, β -carotene, digestibility of organic matter and energy concentration but also for sensoric parameters like smell, colour and dust. In 5 of 11 trials the dehumidification technique significantly resulted in better hay quality than ventilation drying with cold air and in 9 cases better results could be achieved than by field drying. Technical disfunctions of the dehumidification technique caused negative effects on hay quality in 4 cases. During storage of hay quality losses concerning β -carotene, digestibility of organic matter and energy concentration occurred in all treatments, but were highest in the case of traditional field drying.

Key words: hay quality, roughage quality, ventilation drying, quality losses

Einleitung

Bedingt durch die Topographie im benachteiligten Gebiet und regionale Konzentration von Schnittkäseerzeugung haben sich in Österreich Gebiete erhalten, wo fast ausschließlich „Heumilch“ produziert wird. Die Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Heumilchbauern trug mit einem qualitätsorientiertes Marketingkonzept dazu bei die Heuwirtschaft wieder attraktiver zu machen. Der erfolgreiche Verkauf von Heumilchprodukten im In- und Ausland sind hierfür eine Bestätigung. In Abhängigkeit der Preiserhöhung von Protein- und Energiekraftfutter verspüren Heumilchbetriebe in den letzten Jahren genauso wie Gärfutterbetriebe einen gewissen Druck die Qualität des eigenen Grundfutters zu verbessern. Laut Stockinger (2009) stehen 24% der Gewinnreserven in der Milchproduktion in Zusammenhang mit Grundfutter und dessen Qualität. Die Sicherstellung der Qualität des wirtschaftseigenen Grünlandfutters, als Fundament einer wirtschaftlich erfolgreichen Milchproduktion, wird daher für Heubauern zunehmend wichtig.

Der überwiegende Teil des konservierten Raufutters stammt in Österreich aus Dauergrünlandflächen, die je nach Bewirtschaftungsintensität 1 bis 4 mal (max. 6 mal im Vorarlberger Rheintal) jährlich gemäht werden. Heu wird vom Niederungsgrünland auf 400 m bis zum alpinen Grünland der Bergmäher auf über 2000 m Seehöhe erzeugt. Österreichische Projektstudien der letzten fünf Jahre (Resch, 2013) ergaben, dass sich die Betriebe der Heuproduzenten im Durchschnitt auf rund 850 m Seehöhe befanden.

Die traditionelle Bodentrocknung von Grünlandfutter nutzt ausschließlich die Sonnenenergie zur Futtertrocknung. Dieses Verfahren braucht die längste Feldphase für die Vortrocknung und trägt daher das größte Wetterisiko. Trockenmassegehalte von ca. 800 g/kg FM bei der Ernte erhöhen einerseits die Wahrscheinlichkeit von Qualitätsverlusten durch Abbröckelung der Blattmasse (Resch *et al.*, 2009) und andererseits das Risiko einer massiven Entwicklung der vorhandenen epiphytischen Mikroflora (Adler, 2002) im feuchten Erntegut.

¹ LFZ Raumberg-Gumpenstein, Referat für Futterkonservierung und Futterbewertung, Raumberg 38, A-8952 IRDNING

* Ing. Reinhard RESCH, reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

Unterdachtrocknungen ermöglichen in Abhängigkeit vom Verfahren eine Futterernte mit höheren Wassergehalten. Der Vorteil dieser Technik ist einerseits die Verkürzung der Feldphase und damit die Reduktion des Wetterrisikos und andererseits bröckelt die qualitativ wertvolle Blattmasse bei feuchterem Erntegut nicht so leicht ab.

Mit Zunahme des Wassergehaltes im Futter steigt die Herausforderung für die verschiedenen Unterdachtrocknungsverfahren, weil mehr Wasser aus dem Erntegut in kurzer Zeit herausgetrocknet werden muss, um einen massiven mikrobiologischen Verderb zu verhindern. Physikalische Eigenschaften des Futters und anlagentechnische Auslegungen erfordern vom Landwirt technisches Verständnis und Feingefühl in der Anlagenbedienung, ansonsten verursacht die Trocknung hohe Kosten und bringt nicht den optimalen Erfolg.

Kaltbelüftungen haben nur einen eingeschränkten Trocknungseffekt. Insbesondere bei kühlen Temperaturen oder hohen Luftfeuchtigkeiten ist die Wasseraufnahme der Luft sehr gering und das reduziert die Effektivität der Heutrocknung (Nydegger *et al.*, 2009). Belüftung mit Kaltluft hat Grenzen im Hinblick auf den Wassergehalt des Futters.

Trocknungsverfahren mit Luftanwärmung oder Luftentfeuchtung können auch bei ungünstigen Lufttemperaturen bzw. -feuchtigkeiten entsprechende Wassermengen aus dem Futter abführen (Gindl, 2002). Mit entsprechendem Energieeinsatz könnte mit derartigen Verfahren auch frisches Grünfutter getrocknet werden, allerdings steigen hier die Kosten stark über ein wirtschaftliches Maß hinaus.

In den vergangenen Jahrzehnten wurde im Grundfutterbereich hauptsächlich die Silagekonservierung beforscht, Raufutter wurde vernachlässigt. Wissen über die Qualität von Raufutter, das auf der Basis von exakten Versuchsbedingungen ermittelt wurde, ist in Österreich speziell im Zusammenhang mit modernen Trocknungsverfahren, wie z.B. Luftentfeuchtungstrocknung, nicht vorhanden. Experimentelle Systemvergleiche unter gleichen Bedingungen sind notwendig, um exakte Aussagen für die Praxis hinsichtlich mengen- und qualitätsmäßiger Feld- bzw. Verfahrensverluste bei der Konservierung und Lagerung untersuchen zu können. Hier besteht in der landwirtschaftlichen Praxis großer Wissensbedarf.

Fragestellung

Das Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft (LFZ) Raumberg-Gumpenstein hat insbesondere seit 2007 mit mehreren Projekten einen Schwerpunkt zur Heuqualität gesetzt. Mit dem Projekt „Heutrocknung“ wurden exakte Versuchsbedingungen definiert, um praxisorientierte Aussagen über die Effekte unterschiedlicher Heutrocknungsverfahren treffen zu können. Der interdisziplinäre Ansatz des Projektes verfolgte: Technische Fragen zu Heutrocknungsverfahren und Feldverlustmessung, qualitative Veränderungen im Konservierungsprozess, Veränderungen in der Futterhygiene, Futteraufnahme, tierische Leistungen und Produktqualität sowie Kosten-/Nutzenuntersuchungen der Konservierungsverfahren. In der nachstehenden Arbeit wurden Untersuchungen in punkto Veränderungen der Heuqualität vom Erntegut bis zur Futtervorlage durchgeführt.

Material und Methoden

Am LFZ Raumberg-Gumpenstein wurde der Systemvergleich zwischen drei Trocknungsverfahren für Raufutter (Bodentrocknung ohne Belüftung, Kaltbelüftung, Luftentfeuchtungstrocknung) und Grassilage (System Rundballensilage) über drei Jahre (2010 bis 2012) und vier unterschiedliche Grünlandaufwüchse (1. bis 4.), angestellt. Die prozessorientierte Fragestellung inkludierte darüber hinaus den Faktor Lagerungsphase, um qualitative Veränderungen vom Feld bis auf den Futtertisch abbilden zu können.

Das Ausgangsmaterial, die 12 ha große „Stainacherwiese“, war ein Dauerwiesen-Mischbestand mit einem durchschnittlichen Artengruppenverhältnis von 57% Gräsern, 21% Leguminosen und 22% Kräutern im 1. Aufwuchs. In den Folgeaufwüchsen verschob sich das Verhältnis auf 51% Gräser, 24% Leguminosen und 25% Kräuter. Im Versuchsjahr 2012 wurden anstatt vier nur drei Aufwüchse geerntet, weil der 2. Aufwuchs aufgrund einer Überflutung der Wiesenfläche und starker Futtermverschmutzung entsorgt werden musste. Die Mahd der Versuchsfläche wurde im Jahr 2010 ohne Mähauflbereitung, in den Folgejahren 2011 und 2012 mit Knickzetter-Auflbereitung durchgeführt. Futterbearbeitung (Zetten, Schwaden) und Einfuhr des Erntegutes (Ladewagen) wurde in den drei Versuchsjahren und bei allen Aufwüchsen mit den gleichen Maschinen erledigt.

Futteranalysen

Die Probeziehung erfolgte bei der Einfuhr des Erntegutes von mindestens zwei Ladewagen durch mindestens 20 zufällig verteilte Einstiche mittels Stechzylinder (Innendurchmesser 5 cm). In der Lagerungsphase wurden die Heuproben vom Heustock ebenfalls an unterschiedlichen Stellen (mindestens 20 Einstiche) bis in einer Tiefe von 150 cm gezogen. Der dynamische Beprobungsraster war: Einfuhr, nach 7, 14, 30 und nach 60 Tagen sowie vor Fütterungsbeginn. Die gesamte Probenmenge wurde entsprechend dem Mengenbedarf für die Analyse auf folgende Labors aufgeteilt: LFZ Raumberg-Gumpenstein, Futtermittellabor Rosenau, AGES Linz.

Die gravimetrische Bestimmung der absoluten Trockenmasse erfolgte nach Einwaage von 100 g Probe mittels 24 stündiger Ofentrocknung bei 105°C. Für die Wertanalyse wurden mindestens 300 g Probenmaterial bei 50°C über etwa 48 Stunden im Trockenschrank getrocknet. Der durchschnittliche Vermahlungsgrad betrug 1,0 mm. Die chemischen Analysen von Inhaltsstoffen (Weender, Gerüstsubstanzen, HCl-unlösliche Asche) und Mineralstoffen (Mengen- und Spurenelemente) erfolgten mit klassischen Verfahren im Laboratorium des LFZ Raumberg-Gumpenstein nach VDLUFA-Methodenbuch. Die Verdaulichkeit der organischen Masse wurde mit der in vitro-Zweistufenmethode (Tilley und Terry, 1963) modifiziert durch Resch (2004) untersucht. Futterenergiewerte wie Umsetzbare Energie (ME) und Nettoenergie-Laktation (NEL) wurden über Regressionskoeffizienten, basierend auf den DLG-Futterwerttabellen Wiederkäufer (1997), berechnet. Für die Bestimmung der wasserlöslichen Kohlenhydrate (Zucker) und Carotin wurde Probenmaterial gefriergetrocknet und ebenfalls auf 1 mm Korngröße gemahlen. Die Zucker- und Carotinanalyse wurde im Futtermittellabor Rosenau (LK Niederösterreich)

in Wieselburg durchgeführt. Organoleptische Bewertungen (Geruch, Farbe, Gefüge und Verunreinigung) erfolgten am frisch beprobten Material mit der ÖAG-Sinnenprüfung nach Buchgraber (1999).

Statistische Auswertung

Die Daten des Heuprojektes wurden in einer MS-Access Datenbank erfasst und für die weitere Verarbeitung auf Richtigkeit und Plausibilität kontrolliert. Die deskriptiven Analysen wurden mit Hilfe des Programmes SPSS (Version 21), die mehrfaktoriellen GLM-Analysen mit STATGRAPHICS Centurion XV (Version 15.2.14) durchgeführt. In der Gestaltung des Projektes „Heutrocknung“ wurde Wert darauf gelegt die Ergebnisse statistisch aussagekräftig auswerten zu können (Haupteffekte und Interaktionen). Das Versuchsdesign des Projektes „Heutrocknung“ ermöglichte eine mehrfaktorielle Auswertung der Daten unter Berücksichtigung der Faktoren Jahr, Aufwuchs, Trocknungsverfahren und Lagerungsdauer. Weiters wurde für jeden Qualitätsparameter eine Varianzkomponenten-Analyse durchgeführt. Das Ziel einer derartigen Analyse besteht darin, den Variabilitätsanteil zu schätzen, der jedem Faktor zuzuordnen ist (sogenannte Varianzkomponenten). In den nachstehenden Auswertungen wurde die Variante Grassilage nicht berücksichtigt. Aus der Vielzahl an Ergebnissen wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit in erster Linie statistische Effekte und Mittelwerte herausgearbeitet. In den nachstehenden Mittelwert-Tabellen wurden nur dann Signifikanz-Indizes angeführt, wenn Effekte in den *P*-Werten erkennbar waren. Ausgewählte grafisch aufbereitete Erkenntnisse sollen darüber hinaus markante Unterschiede, insbesondere hinsichtlich Heutrocknungsverfahren vermitteln.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Einstufung von Raufutter-Qualitäten sind Konzentrationen von Inhalts- und Mineralstoffen im Futter sowie die Verwertbarkeit dieser Stoffe vom Nutztier aussagekräftig. Darüber hinaus sind Zucker, Vitamine und der hygienische Zustand von Heu ebenfalls sehr wichtige Qualitätsparameter. Die raufutterverzehrenden Nutztiere geben je nach Leistungsniveau die Maßstäbe für die Qualität vor.

Die nachstehenden Ergebnisse des Systemvergleichs von drei Heutrocknungsverfahren beziehen sich auf insgesamt 11 exakte Einzelversuche (4+4+3 Aufwüchse).

Inhaltsstoffe von Raufutter

Von zentraler Bedeutung in der Heukonservierung ist die rasche Erhöhung des Trockenmassegehaltes auf ein Niveau über 870 g/kg FM (Nydegger *et al.*, 2009), um eine Lagerstabilität zu gewährleisten. Meisser und Wyss (1999) fordern eine Mindest-TM bei Heu von 850 g/kg FM. Die Schwierigkeit der Produktion von Qualitätsheu fängt bereits am Feld mit der Empfindlichkeit der wertvollen Blattmasse hinsichtlich Abbröckelung an. Je höher der TM-Gehalt der Blätter ansteigt, umso leichter werden die Blattspreiten durch mechanische Bearbeitung (Zetten, Schwaden, Ernte) zerstört und gelangen nicht auf das Futterlager sondern verbleiben als Verlustmasse auf dem Feld liegen. Buchgraber und Gindl (2004) gehen bei durchschnittlichen Bedingungen von 10-20% Bröckelverlusten aus, Höhn (1986) von TM-Verlusten in der Größenordnung von 300 bis 700 kg TM/ha in Abhängigkeit vom Pflanzenbestand. Bei einem Vergleich von Schwadverfahren und der Gegenüberstellung von zwei unterschiedlichen Bröckelverlustmessungstechniken brachten Sauter *et al.*, (2012) Streuungen zwischen 100 und 290 kg TM-Verluste/ha heraus.

Die mehrfaktorielle Auswertung zeigte, dass der Faktor Aufwuchs auf alle Inhaltsstoffe einen hoch signifikanten Einfluss ausübte (*P*-Werte in *Tabelle 1* kleiner 0,01). Laut Varianzkomponenten-Schätzung hatte der Aufwuchs den größten Effekt auf Rohprotein, Natrium und Kupfer. Mit jedem Aufwuchs stieg der Proteingehalt (121,1 auf 171,9 g/kg TM) und sank der Gehalt an Rohfaser (251,4 auf 195,5 g/kg TM). Die strukturierten Kohlenhydrate (NDF, ADF, ADL) verhielten sich mit jedem Aufwuchs nicht so linear wie die Rohfaser (*Tabelle 2*). Der 1. Aufwuchs enthielt im Durchschnitt die höchsten Zuckergehalte (154,4 g/kg TM), der 3. Aufwuchs mit 120,7 g die geringsten. Der 4. Aufwuchs besaß mit Abstand die höchsten durchschnittlichen β -Carotingehalte (117,6 mg/kg TM). Mit jedem Aufwuchs nahm der Rohaschegehalt zu (75,1 auf 109,3 g/kg TM). Genauso verhielt es sich mit dem Sandanteil (HCl-unlösliche Asche). Interessant ist, dass die Sandwerte beim 3. und 4. Aufwuchs die 20 Gramm-Marke deutlich überschritten. Nach Resch (2013) ist dieser Umstand, genauso wie Eisenwerte über 800 mg/kg TM ein Hinweis auf Futterverschmutzung mit Erde.

Für den Faktor Jahr waren mit Ausnahme der Trockenmasse nur hoch signifikante Effekte zu beobachten (*Tabelle 1*). Eine Analyse der Varianzkomponenten wies für ~70 % der

Tabelle 1: Haupt- und Wechselwirkungseffekte von Jahr, Aufwuchs, Trocknungsverfahren und Lagerungsdauer auf unterschiedliche Inhaltsstoffe von Raufutter (*P*-Werte und *R*²)

Faktor	TM	XP	XF	NDF	ADF	ADL	NFC	XZ	XL	XA	Sand	Carotin
Jahr (J)	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Aufwuchs (A)	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Trocknungsverfahren (T)	0,106	0,042	0,914	0,527	0,647	0,388	0,884	0,187	0,257	0,952	0,532	0,000
Lagerungsdauer (L)	0,000	0,015	0,554	0,143	0,690	0,850	0,094	0,625	0,000	0,817	0,987	0,000
T x J	0,354	0,552	0,621	0,949	0,632	0,728	0,948	0,044	0,994	0,778	0,586	0,000
T x A	0,142	0,820	0,797	0,710	0,857	0,004	0,849	0,022	0,165	0,950	0,944	0,051
T x L	0,000	0,547	0,858	0,740	0,977	0,281	0,978	0,853	0,725	0,994	0,999	0,389
L x J	0,004	0,498	0,834	0,273	0,951	0,308	0,352	0,997	0,000	0,921	0,958	0,002
L x A	0,982	0,057	0,967	0,592	0,877	0,438	0,665	0,991	0,064	0,992	0,985	0,002
<i>R</i> ²	0,865	0,832	0,572	0,627	0,537	0,716	0,469	0,767	0,769	0,624	0,598	0,891

P-Werte bezogen auf Konfidenzlevel 95% (Methode LSD)

Tabelle 2: Auswirkung von Jahr, Aufwuchs, Trocknungsverfahren und Lagerungsdauer auf unterschiedliche Inhaltsstoffe von Raufutter

Faktor	Anzahl	TM	XP	XF	NDF	ADF	ADL	NFC	XZ	XL	XA	Sand	Carotin
Gesamt	198	845,5	142,9	233,3	474,3	275,8	35,9	272,1	137,0	20,8	89,9	24,6	88,3
Jahr													
2010	72	853,2 ^b	149,9 ^c	238,0 ^b	469,6 ^b	277,3 ^b	37,6 ^b	272,7 ^b	119,9 ^a	18,3 ^a	89,4 ^b	22,3 ^a	51,2 ^a
2011	72	837,3 ^a	142,2 ^b	240,0 ^b	497,8 ^c	292,1 ^c	43,9 ^c	256,0 ^a	129,8 ^b	20,0 ^b	84,0 ^a	21,5 ^a	133,8 ^c
2012	54	846,1 ^{ab}	136,7 ^a	221,8 ^a	455,3 ^a	258,1 ^a	26,3 ^a	287,6 ^c	161,4 ^c	24,2 ^c	96,2 ^c	30,1 ^b	80,0 ^b
Aufwuchs													
1	54	846,9 ^a	121,1 ^a	251,4 ^c	504,1 ^c	285,4 ^b	37,2 ^b	283,4 ^b	154,4 ^d	19,9 ^a	71,5 ^a	12,8 ^a	73,5 ^a
2	54	860,5 ^b	134,0 ^b	247,1 ^{bc}	483,5 ^b	290,4 ^b	35,6 ^b	278,9 ^b	127,6 ^b	21,3 ^b	82,3 ^b	16,4 ^a	84,4 ^b
3	54	840,0 ^a	144,7 ^c	239,1 ^b	491,2 ^b	293,9 ^b	39,7 ^c	247,1 ^a	120,7 ^a	20,6 ^b	96,4 ^c	31,2 ^b	77,9 ^{ab}
4	36	834,7 ^a	171,9 ^d	195,5 ^a	418,2 ^a	233,7 ^a	31,2 ^a	279,2 ^b	145,5 ^c	21,4 ^b	109,3 ^d	38,1 ^c	117,6 ^c
Variante													
Bodentrocknung	66	839,4	140,5 ^a	233,1	477,9	278,5	35,6	270,8	134,6	20,5	90,3	25,7	71,5 ^a
Kaltbelüftung	66	852,0	142,8 ^{ab}	234,2	473,4	274,3	35,4	273,4	139,4	20,8	89,5	24,6	97,1 ^b
Entfeuchter	66	845,2	145,4 ^b	232,5	471,5	274,7	36,7	272,1	137,1	21,1	89,9	23,6	96,4 ^b
Lagerungsdauer													
0 (Einfuhr)	33	717,9 ^a	145,1 ^c	230,2	463,7	269,3	34,7	281,5	140,8	20,6 ^a	89,1	24,4	102,2 ^d
nach 7 Tagen	33	874,5 ^b	138,8 ^a	235,7	472,8	276,0	36,5	280,1	137,0	20,4 ^a	87,9	23,8	100,6 ^{cd}
nach 14 Tagen	33	866,6 ^b	139,5 ^{ab}	237,2	486,6	281,3	35,9	264,7	137,6	20,1 ^a	89,0	24,3	96,4 ^{cd}
nach 30 Tagen	33	874,3 ^b	142,5 ^{abc}	235,0	474,4	276,7	36,5	272,8	136,7	20,4 ^a	89,8	24,8	92,1 ^c
nach 60 Tagen	33	875,4 ^b	144,3 ^{bc}	233,5	476,7	275,4	36,0	267,5	134,2	20,2 ^a	91,3	25,7	75,2 ^b
Fütterung	33	864,4 ^b	147,3 ^c	228,1	471,3	276,4	35,9	266,0	135,9	23,2 ^b	92,1	24,9	63,4 ^a

Einheiten: TM [g/kg FM], Carotin [mg/kg TM], übrige Parameter [g/kg TM]

Parameter den Faktor Jahr als die größte Einflussquelle auf die Datenvariabilität der Inhaltsstoffe aus. Unter den vergleichbaren Bedingungen hatte der Faktor Trocknungsverfahren auf den Carotingehalt einen hoch signifikanten und auf Rohprotein einen signifikanten Einfluss. Die untersuchten Trocknungsverfahren wiesen mehrheitlich nur nicht signifikante Effekte hinsichtlich der Futterqualität auf. Der durchschnittliche Vorteil der Luftentfeuchtertrocknung gegenüber Bodentrocknung betrug bei Rohprotein 4,9 g/kg TM. In punkto β -Carotingehalt brachten es beide Belüftungstrocknungsverfahren im Durchschnitt auf ca. 25 mg höhere Gehalte in der TM (Tabelle 2).

Die Lagerungsphase wirkte sich laut Varianzkomponenten-Schätzung am stärksten auf den TM-Gehalt aus. Im Durchschnitt aller Varianten trocknete das Raufutter am Lager innerhalb von 7 Tagen auf über 870 g TM/kg FM ab und erreichte damit Lagerstabilität. Während beide Untertrocknungsverfahren schnell in den lagerstabilen TM-Bereich kamen, gelang dies bei Bodenheu nicht (siehe Abbildung 1) hoch signifikante Wechselwirkung zwischen Trocknungsverfahren und Lagerungsdauer). Im Gegenteil, dort war die TM-Situation im Mittel der Jahre und Aufwüchse über die gesamte Lagerungsdauer grenzwertig. Der Carotingehalt wurde ebenfalls hoch signifikant während der Lagerung verändert. β -Carotin nahm nach der Einfuhr kontinuierlich ab. Bis zur Fütterung gingen durchschnittlich knapp 40 mg/kg TM verloren, das war eine Abnahme um 38% gegenüber den Gehaltswerten bei der Einfuhr. Der Proteingehalt nahm anfangs ab und stieg dann gegen Lagerungsende hin an (Abbildung 1). Vermutlich handelt es sich hier um eine dynamische Verschiebung von Inhaltsstoffen, weil im Trend ein leichter Rückgang bei Zucker bzw. Nichtfaser-Kohlehydraten (NFC) zu beobachten war. Der Rohfettgehalt war in den Aufwüchsen relativ konstant

bei ~21 g/kg TM. Arrigo (2010) stellte hingegen Zunahmen von 5 bis 10 g Fett/kg TM vom 1. auf den 3. Aufwuchs fest. Diese Tendenz in der Größenordnung von 3 bis 5 g Fettzunahme vom 1. zu den Folgeaufwüchsen kam auch in den Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum (Resch *et al.*, 2006) heraus.

Anhand der Gerüstsubstanzeanalyse lassen sich die Kohlenhydrate in der TM wesentlich realitätsnäher aufschlüsseln als mit der klassischen Rohfasernanalyse (Gruber *et al.*, 2009). Die Gesamtgehalte an strukturwirksamen Kohlenhydraten (NDF) lagen zwischen Aufwuchs 1 bis 3 relativ eng beieinander (Mittelwerte in Tabelle 2: 483,5 bis 504,1 g NDF/kg TM). Der 4. Aufwuchs hatte mit 418,2 g einen geringen NDF-Gehalt. Diese Werte entsprechen durchaus üblichen Werten der österreichischen Praxis (Resch, 2013). Die Ligningehalte (ADL) waren beim verwendeten Dauerwiesenfutter in einem Bereich von 35,9 g/kg TM (Standardabweichung +/- 9,1 g/kg TM), was gegenüber der Situation in Österreich deutlich geringer war. Das Trocknungsverfahren und die Lagerungsphase übten keinen Einfluss auf die Gehaltswerte der Gerüstsubstanzen aus. Im Vergleich zu durchschnittlichen österreichischen Heuqualitäten (Resch, 2013) war die Heuqualität im Projekt „Heutrocknung“ vom 1. Aufwuchs deutlich besser, in den Folgeaufwüchsen gleichwertig. Der Unterschied machte z.B. im Rohproteingehalt im 1. Aufwuchs durchschnittlich +13 g/kg TM, im 2. Aufwuchs +2,3 g, im 3. Aufwuchs -3,8 g und im 4. Aufwuchs +8,5 g gegenüber dem österreichischen Raufutter aus. Grund dafür war der frühere Erntezeitpunkt im 1. Aufwuchs, bedingt durch das 4-Schnittregime. Bei einer vergleichbaren Seehöhe von 650 m wurde in Österreich der 1. Aufwuchs am 28. Mai (Ableitung über Modell nach Resch, 2011) und im Projekt „Heutrocknung“ am 21. Mai, also eine Woche früher geerntet.

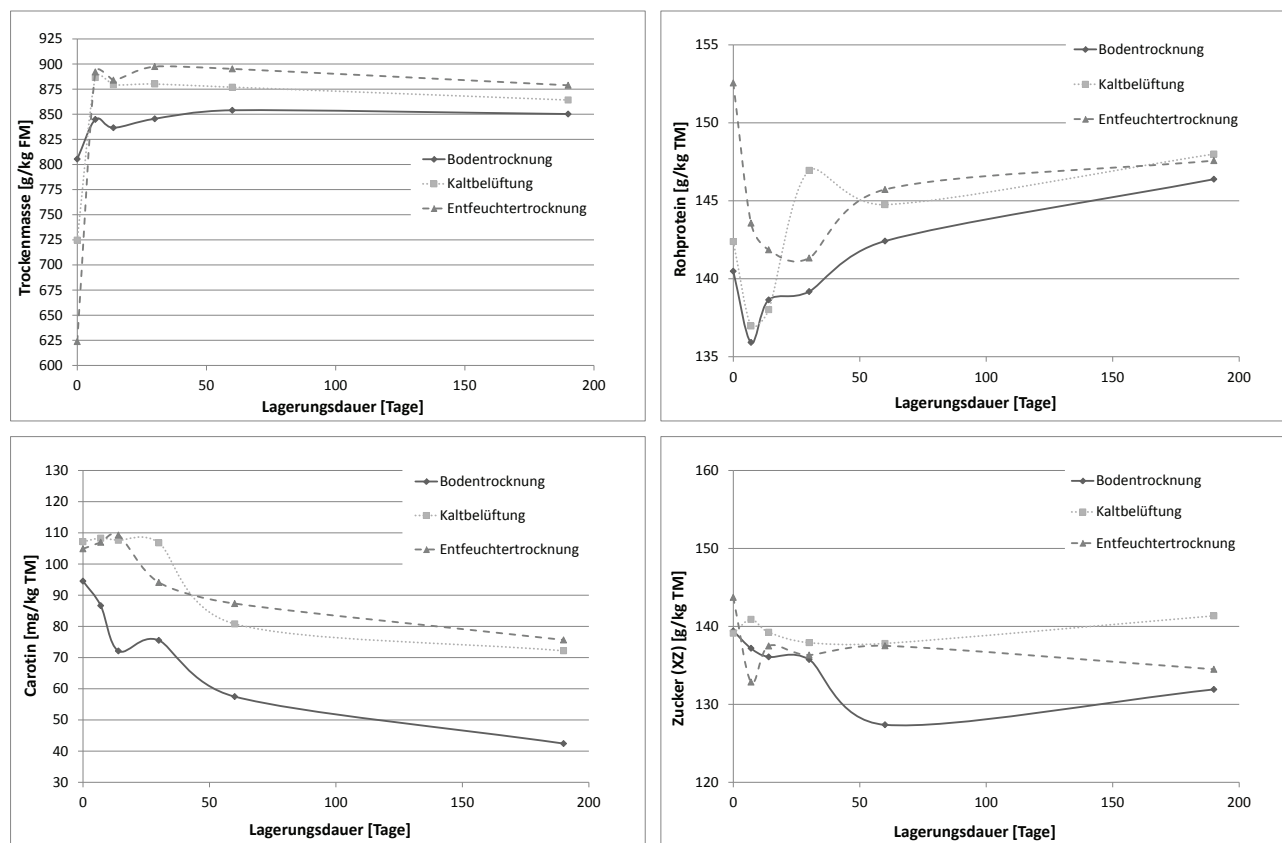


Abbildung 1: Einfluss von Trocknungsverfahren und Lagerungsdauer auf TM-, Protein-, Carotin- und Zuckergehalt von Raufutter

Verdaulichkeit, Futterenergie und sensorische Qualität

Die tatsächliche Futterverwertung in einem Wiederkäuermagensystem kann recht gut über die in vitro-Verdaulichkeit der organischen Masse (dOM) erhoben werden, deswegen wurde diese Methode im Projekt „Heutrocknung“ eingesetzt.

Im Gegensatz zu einer Schätzung der OM-Verdaulichkeit auf Basis Rohfasergehalt (Gruber *et al.*, 1997), ergab die in vitro-Messung eine deutliche Differenzierung der Ergebnisse, insbesondere für den Faktor Trocknungsverfahren, aber auch in der Lagerungsphase zeigte sich ein Abwärtstrend. Die P-Werte der GLM-Analyse lagen bei der Futterenergie (ME bzw. NEL) in allen Hauptfaktor-Effekten zumindest im signifikanten Bereich (Tabelle 3).

In den Qualitäten hing das Versuchsjahr 2010 gegenüber den beiden folgenden Jahren deutlich zurück. Das mag wohl auf den Umstand zurückzuführen sein, dass die Entfeuchteranlage aufgrund technischer Probleme anfänglich nicht optimal lief (Abbildung 3). Die Aufwüchse unterschieden sich hoch signifikant, wobei der 1. Aufwuchs ein sehr gutes Niveau von durchschnittlich 6,17 MJ NEL/kg TM erreichte. Der Einbruch der OM-Verdaulichkeit und Energie im 3. Aufwuchs konnte in allen drei Jahren beobachtet werden. Hierfür liefern die Inhaltsstoffe (Tabelle 2) keine plausible Erklärung.

Bodentrocknetes Raufutter war allgemein in der Qualität schlechter als die beiden belüfteten Varianten. Zwischen Kaltbelüftung und Luftentfeuchtertrocknung waren die auftretenden Differenzen statistisch nicht absicherbar. In

Tabelle 3: Haupt- und Wechselwirkungseffekte auf OM-Verdaulichkeit, Energie und sensorische Qualitätsparameter Geruch, Farbe, Struktur und Verunreinigung von Raufutter (P-Werte und R²)

Faktor	dOM	ME	NEL	Geruch	Farbe	Struktur	Schmutz	Punkte
Jahr (J)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,239	0,310	0,001
Aufwuchs (A)	0,000	0,000	0,000	0,542	0,064	0,000	0,000	0,215
Trocknungsverfahren (T)	0,006	0,013	0,014	0,004	0,000	0,000	0,051	0,000
Lagerungsphase (L)	0,149	0,020	0,041	0,008	0,380	0,055	0,011	0,003
T x J	0,143	0,169	0,178	0,075	0,004	0,021	0,617	0,009
T x A	0,184	0,265	0,271	0,011	0,053	0,017	0,264	0,021
T x L	0,985	0,996	0,996	0,583	0,935	0,759	0,942	0,842
L x J	0,924	0,966	0,965	0,806	0,596	0,160	0,104	0,710
L x A	0,130	0,202	0,160	0,702	0,706	0,234	0,035	0,399
R ²	0,666	0,668	0,669	0,454	0,509	0,595	0,490	0,502

P-Werte bezogen auf Konfidenzlevel 95% (Methode LSD)

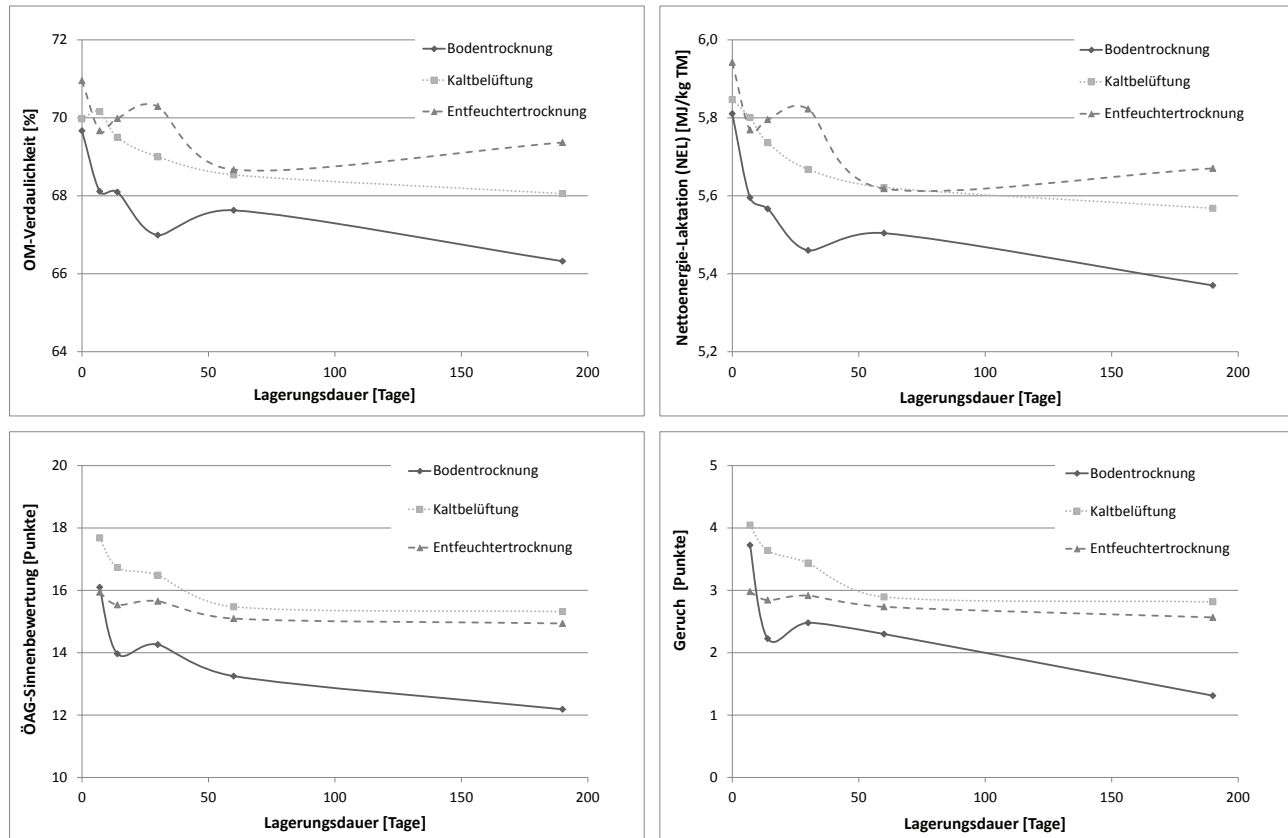


Abbildung 2: Einfluss von Trocknungsverfahren und Lagerungsdauer auf OM-Verdaulichkeit, Nettoenergie und ausgewählte Parameter der ÖAG-Sinnenprüfung von Raufutter

Tabelle 4: Allgemeine Auswirkung von Jahr, Aufwuchs, Trocknungsverfahren und Lagerungsdauer auf OM-Verdaulichkeit, Futterenergie und ÖAG-Sinnenbewertung von Raufutter

Faktor	Anzahl	dOM	ME	NEL	Geruch	Farbe	Struktur	Schmutz	Punkte
Gesamt	198	68,9	9,62	5,68	2,9	4,0	6,7	1,7	15,2
Jahr									
2010	72	66,6 ^a	9,25 ^a	5,42 ^a	2,2 ^a	3,7 ^a	6,6	1,7	14,2 ^a
2011	72	68,9 ^b	9,67 ^b	5,72 ^b	2,9 ^b	4,0 ^a	6,7	1,8	15,3 ^b
2012	54	71,4 ^c	9,93 ^c	5,89 ^c	3,5 ^c	4,5 ^b	6,8	1,5	16,2 ^b
Aufwuchs									
1	54	72,6 ^c	10,33 ^c	6,17 ^c	3,1	4,0	6,4 ^a	2,1 ^c	15,6
2	54	69,2 ^b	9,76 ^b	5,78 ^b	2,9	4,2	6,8 ^{bc}	1,7 ^b	15,5
3	54	64,2 ^a	8,85 ^a	5,13 ^a	2,6	3,8	6,6 ^b	1,5 ^{ab}	14,6
4	36	69,8 ^b	9,54 ^b	5,62 ^b	2,8	4,3	6,9 ^c	1,3 ^a	15,4
Variante									
Bodentrocknung	66	67,8 ^a	9,44 ^a	5,55 ^a	2,4 ^a	3,4 ^a	6,3 ^a	1,8	14,0 ^a
Kaltbelüftung	66	69,2 ^b	9,66 ^b	5,71 ^b	3,4 ^b	4,5 ^b	6,8 ^b	1,7	16,3 ^b
Entfeuchter	66	69,8 ^b	9,75 ^b	5,77 ^b	2,8 ^{ab}	4,2 ^b	6,9 ^b	1,5	15,4 ^b
Lagerungsdauer									
0 (Einfuhr)	33	70,2	9,92 ^b	5,87 ^b					
nach 7 Tagen	33	69,3	9,68 ^{ab}	5,72 ^{ab}	3,6 ^b	4,2	6,8	2,0 ^b	16,6 ^c
nach 14 Tagen	33	69,2	9,64 ^{ab}	5,70 ^{ab}	2,9 ^{ab}	4,1	6,8	1,6 ^a	15,4 ^{abc}
nach 30 Tagen	33	68,8	9,58 ^a	5,65 ^a	2,9 ^{ab}	4,1	6,7	1,7 ^a	15,5 ^{bc}
nach 60 Tagen	33	68,3	9,48 ^a	5,58 ^a	2,6 ^a	3,9	6,5	1,6 ^a	14,6 ^{ab}
Fütterung	33	67,9	9,41 ^a	5,54 ^a	2,2 ^a	3,8	6,6	1,4 ^a	14,1 ^a

Einheiten: dOM [%], ME und NEL [MJ/kg TM], Parameter der ÖAG-Sinnenprüfung: Geruch, Farbe, Struktur, Schmutz [Punkte]

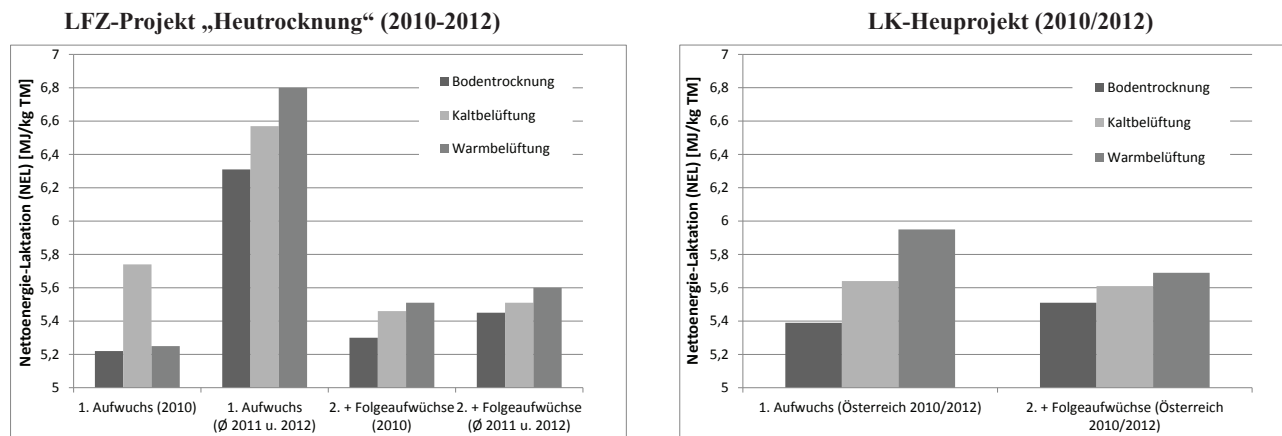


Abbildung 3: Einfluss von Heutrocknungsverfahren auf NEL in Raufutter unterschiedlicher Aufwüchse (links: LFZ-Projekt „Heutrocknung“, rechts: LK-Heuprojekt)

der Lagerungsphase konnte allgemein eine Abnahme der Qualität beobachtet werden. Die OM-Verdaulichkeit sank von der Einfuhr bis zur Fütterung im Durchschnitt um 2,3 Absolut-%-Punkte ab. Die energetische Einbuße war mit 0,33 MJ NEL/kg TM noch stärker ausgeprägt. Von den drei Trocknungsverfahren verlor Bodenheu während der Lagerung mehr als 0,4 MJ NEL/kg TM, während die Verluste bei Kaltbelüftungsheu bzw. Entfeuchterheu mit ~0,25 MJ NEL/kg TM geringer ausfielen. Die Frage inwieweit die mikrobiologische Dynamik während der Lagerung mit den Qualitätsverlusten korrespondierte kann aus den vorhandenen Daten beantwortet werden und wird Gegenstand von eigenen Auswertungen von Dr. Adler (AGES Linz) und Resch (LFZ Raumberg-Gumpenstein) sein.

Der Qualitätsvergleich zwischen dem LFZ-Projekt „Heutrocknung“ (2010-2012) und dem LK-Heuprojekt 2010/2012 (Resch, 2013) ergab interessante Effekte in Bezug auf die Unterschiede zwischen Trocknungsverfahren und Aufwüchsen (Abbildung 3). Die Abstufung zwischen den geprüften Trocknungsverfahren war im 1. Aufwuchs stärker als in den Folgeaufwüchsen. Die technischen Probleme bei der Luftentfeuchtertrocknung wirkten sich im 1. Aufwuchs 2010 stark negativ auf die NEL-Konzentration aus (Abbildung 3, links). Weiters war das Energie-Niveau im 1. Aufwuchs des LFZ-Projektes (2011-2012) wesentlich höher als die Durchschnittswerte der österreichischen Heubauern (Abbildung 3). Die Energiedifferenzen im 1. Aufwuchs des LK-Heuprojektes wurden durch den Umstand verstärkt, dass Bodenheu um durchschnittlich 10

Tage später geerntet wurde als Warmbelüftungsheu. In den Folgeaufwüchsen konnten nur geringfügige Differenzen zwischen beiden Projekten festgestellt werden.

Im Projekt „Heutrocknung“ wurden neben zahlreichen Analysen auch organoleptische Bonitierungen von Geruch, Farbe, Gefüge und Verunreinigung (ÖAG-Sinnenprüfung) durchgeführt. Informationen über Geruch, Farbe und Staubigkeit sollten die gesamtheitliche Aussage im Systemvergleich verbessern. Auch in diesem Bereich konnte ein starker Jahreseffekt bestätigt werden (Tabelle 3). Speziell das Versuchsjahr 2010 war in der Geruchs- und Farbbewertung tiefer als die übrigen Jahre. In den Aufwüchsen fiel der 3. Aufwuchs durch schlechtere Konservierungsqualität auf, die übrigen Aufwüchse lagen in den Gesamtpunkten gleich auf. Das Trocknungsverfahren hatte einen großen Einfluss auf die sensorisch erfasste Konservierungsqualität, vor allem auf Geruch, Farbe und Verunreinigung (insbesondere Staubigkeit). Am schlechtesten schnitt im Projekt „Heutrocknung“ die Bodenheuvariante ab mit schlechteren Werten für Geruch und Farbe sowie einen durch den geringeren Blattanteil bewirkten niedrigeren Strukturwert (Tabelle 4).

Mengen- und Spurenelemente

In der Versorgung der Nutztiere spielen Mineralstoffe eine ganz wesentliche Rolle für den Stoffwechsel (Resch *et al.*, 2009), daher wurden im Projekt „Heutrocknung“ auch Mengen- und Spurenelemente analysiert. Die statistische

Tabelle 5: Haupt- und Wechselwirkungseffekte auf unterschiedliche Mineralstoffe von Raufutter (P-Werte und R²)

Faktor	Ca	P	Mg	K	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
Jahr (J)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Aufwuchs (A)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Trocknungsverfahren (T)	0,011	0,586	0,062	0,302	0,007	0,504	0,668	0,688	0,789
Lagerungsphase (L)	0,537	0,997	0,673	0,549	0,829	0,994	0,985	0,389	0,424
T x J	0,804	0,801	0,874	0,963	0,047	0,871	0,780	0,174	0,618
T x A	0,163	0,993	0,587	0,968	0,845	0,962	0,926	0,966	0,661
T x L	0,888	0,997	0,969	0,979	0,953	1,000	0,999	0,999	0,976
L x J	0,660	0,965	0,870	0,528	0,952	0,970	0,997	0,878	0,920
L x A	0,949	0,491	0,919	0,858	0,552	0,999	0,989	0,986	0,950
R ²	0,681	0,704	0,735	0,540	0,691	0,587	0,625	0,639	0,791

P-Werte bezogen auf Konfidenzlevel 95% (Methode LSD)

Tabelle 6: Allgemeine Auswirkung von Jahr, Aufwuchs, Trocknungsverfahren und Lagerungsdauer auf Mengen- und Spurenelemente von Raufutter

Faktor	Anzahl	Ca	P	Mg	K	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
Gesamt	198	7,9	2,5	3,1	17,5	415	1287	138,4	35,4	11,1
Jahr										
2010	72	9,1 ^b	2,7 ^b	3,3 ^b	17,7 ^b	443 ^b	1018 ^a	138,1 ^b	34,5 ^a	11,7 ^b
2011	72	7,2 ^a	2,4 ^a	2,6 ^a	16,6 ^a	453 ^b	931 ^a	120,2 ^a	34,2 ^a	10,7 ^a
2012	54	7,3 ^a	2,3 ^a	3,2 ^b	18,1 ^b	348 ^a	1912 ^b	156,9 ^c	37,5 ^b	10,9 ^a
Aufwuchs										
1	54	7,2 ^a	2,1 ^a	2,6 ^a	17,8 ^b	279 ^a	504 ^a	97,4 ^a	31,3 ^a	9,6 ^a
2	54	7,6 ^b	2,5 ^b	2,8 ^b	19,2 ^c	333 ^b	717 ^a	121,8 ^b	30,7 ^a	10,1 ^b
3	54	8,6 ^c	2,6 ^{bc}	3,5 ^d	16,1 ^a	523 ^c	1783 ^b	158,0 ^c	38,1 ^b	11,9 ^c
4	36	8,0 ^b	2,7 ^c	3,3 ^c	16,8 ^a	525 ^c	2143 ^c	176,4 ^d	41,6 ^c	12,8 ^d
Variante										
Bodentrocknung	66	7,7 ^a	2,4	3,0	17,3	447 ^b	1360	141,1	35,3	11,1
Kaltbelüftung	66	7,8 ^a	2,5	3,1	17,4	412 ^{ab}	1296	137,6	35,2	11,1
Entfeuchter	66	8,2 ^b	2,5	3,2	17,7	385 ^a	1204	136,5	35,8	11,0
Lagerungsdauer										
0 (Einfuhr)	33	8,1	2,5	3,1	17,0	425	1268	139,4	35,9	11,2
nach 7 Tagen	33	7,7	2,4	3,0	17,4	407	1229	136,0	34,3	10,9
nach 14 Tagen	33	7,7	2,5	3,0	17,4	414	1273	136,3	35,0	11,0
nach 30 Tagen	33	7,9	2,5	3,1	17,4	424	1288	138,6	35,2	11,2
nach 60 Tagen	33	7,9	2,5	3,1	17,6	425	1333	140,9	35,6	11,3
Fütterung	33	7,9	2,5	3,1	17,8	393	1329	139,2	36,5	11,1

Einheiten: Ca, P, Mgu und K [g/kg TM]; Na, Fe, Mn, Zn und Cu [mg/kg TM]

Auswertung ergab für die Faktoren Jahr und Aufwuchs in allen Parametern hoch signifikante Effekte (Tabelle 5), wobei der Aufwuchs in der Varianzkomponentenanalyse jeweils den größten Anteil an der Datenvariabilität aufwies.

Das Raufutter des 1. Aufwuchses wies allgemein die niedrigsten Elementkonzentrationen je kg Trockenmasse auf. Mit jedem weiteren Schnitt stiegen insbesondere die Werte von Phosphor (P), Natrium (Na), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn) und Kupfer (Cu) an. Im Vergleich zu den Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum (Resch *et al.*, 2006) lagen die Elementgehalte mit Ausnahme von Kalium, Mangan und Kupfer im Normalbereich. Die Kaliumgehalte waren relativ niedrig, während Mangan hohe und Kupfer sehr hohe Konzentrationen in der TM aufwies.

Der Anstieg der Eisengehalte in den Aufwüchsen von ~500 auf ~2.100 mg/kg TM unterstreicht das Ergebnis der Sandanalyse und liefert einen starken Zusammenhang mit einer erdigen Verunreinigung des 3. und 4. Aufwuchses (Resch *et al.*, 2013). Das Trocknungsverfahren hatte bei Natrium einen hoch signifikanten (Tabelle 5), bei Calcium (Ca) und Magnesium (Mg) einen signifikanten Einfluss. Dieser Effekt drückte sich bei Ca und Mg in einer Zunahme der Werte durch Belüftung gegenüber der Bodentrocknung aus. Bei Na wies hingegen das Bodenheu die höchsten Gehalte auf. Die Lagerungsphase hatte keinen Effekt auf Mengen- und Spurenelemente, es zeigte sich bei keinem der untersuchten Elemente eine trendmäßige Zu- oder Abnahme.

Schlussfolgerungen

Für etwa 8.000 österreichische Heumilchbetriebe sind Ergebnisse aus exakten Systemvergleichen äußerst wichtig, um die Qualität des Raufutters zu verbessern bzw. fundierte Entscheidungshilfen für die Heutrocknungstechnik zu er-

halten. Das Forschungsprojekt „Heutrocknung“ des LFZ Raumberg-Gumpenstein konnte für ein Vierschnitt-Regime qualitative Unterschiede zwischen drei Trocknungsverfahren feststellen. Unter ansonsten gleichgeschalteten Versuchsbedingungen führten die beiden Heubelüftungsverfahren insbesondere im Bereich der Energiekonzentration zu besseren Heuqualitäten als die Bodenheutrocknung. Die Luftentfeuchtertrocknung fiel in den Parametern Rohprotein, Rohfett, Sandanteil und Calcium positiv auf, allerdings waren diese Vorsprünge gegenüber der Kaltbelüftung im Allgemeinen nicht statistisch absicherbar. Die Effekte zwischen Luftentfeuchtertrocknung und Kaltbelüftung änderten sich auch nicht durch Ausklammerung des ersten Versuchsjahres, wo technische Probleme bei der Luftentfeuchtertrocknung die damit erzielte Heuqualität negativ beeinträchtigte. In 5 von insgesamt 11 Vergleichsversuchen war das Heu aus der Luftentfeuchtertrocknung qualitativ besser als kalt belüftetes Heu, in 2 Fällen gleichwertig und in 4 Fällen schlechter. Die 4 Fälle mit schlechteren Ergebnissen der Luftentfeuchtertrocknung hatten jeweils technische Störungen der Anlage als Ursache. Je höher der Wassergehalt im Erntegut wird, umso wichtiger ist eine gut funktionierende Heubelüftung, damit sehr gute Futterqualitäten konserviert und den Nutztieren vorgelegt werden können.

Literatur

- Adler, A., 2002: Qualität von Futterkonserven und mikrobielle Kontamination. 8. Alpenländisches Expertenforum zum Thema: Zeitgemäße Futterkonservierung, BAL Gumpenstein, 9.-10. April 2002, Tagungsband, 17-25.
- Arrigo, Y., 2010: Fettgehalt und Fettsäurezusammensetzung von konserviertem Raufutter. *Agrarforschung Schweiz* 1 (10) 2010, 366-371.

- Buchgraber, K., 1999: Nutzung und Konservierung des Grünlandfutters im Österreichischen Alpenraum. Habilitationsschrift, Veröffentlichung der BAL Gumpenstein, Heft 31.
- Buchgraber, K., Gindl, G., 2004: Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung. Leopold Stocker Verlag, 2. völlig neu bearbeitete Auflage, 192 S.
- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer 7. erweiterte und überarbeitete Auflage. Herausgeber: Universität Hohenheim-Dokumentationsstelle, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.
- Gindl, G., 2002: Zeitgemäße Heubereitung und Heuqualität in der Praxis. Bericht über das 8. Alpenländische Expertenforum zum Thema „Zeitgemäße Futterkonservierung“, BAL Gumpenstein, Irdning, 9.-10. April 2002, 67-72.
- Gruber, L., Steinwider, A., Guggenberger, T., Wiedner G., 1997: Interpolation der Verdauungskoeffizienten von Grundfuttermitteln der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Aktualisiertes Arbeitspapier der ÖAG-Fachgruppe Fütterung über die Grundlagen zur Berechnung der Verdaulichkeit und des UDP-Gehaltes auf der Basis der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (7. Auflage 1997).
- Gruber, L., 2009: Chemische Zusammensetzung, Analytik und Bedeutung pflanzlicher Gerüstsubstanzen in der Ernährung der Wiederkäuer. Übers. Tierernährg. 37 (2009) 45-86.
- Höhn, E., 1986: Feldverluste bei der Futterente. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), FAT-Berichte 285, Tänikon, 7 S.
- Meisser, M., Wyss, U., 1999: Qualität von unterschiedlich konserviertem Dürfutter. AGRARFORSCHUNG 6 (11-12), 437-440.
- Nydegger, F., Wirleitner, G., Galler, J., Pöllinger, A., Caenegern, L., Weingartmann, H., Wittmann, H., 2009: Qualitätsheu durch effektive und kostengünstige Belüftung. Der Fortschrittliche Landwirt (3) 2009, Sonderbeilage 12 S.
- Resch, R., 2004: Die Bestimmung der in vitro-Verdaulichkeit mit der modifizierten Zweistufenmethode nach Tilley und Terry (1968) an der Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein. Vervielfältigtes Vortragsmanuskript für das Vorlesungsseminar Grünland II der BOKU von 17. bis 22. Mai 2004, BAL Gumpenstein, 10 S.
- Resch, R., 2010: 1. Österreichische Heumeisterschaft. Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Tätigkeit (3534), LFZ Raumberg-Gumpenstein, 64 S.
- Resch, R., 2011: Raufutterqualität auf österreichischen Betrieben. Abschlussbericht der wissenschaftlichen Tätigkeit 3583 (DaFNE 100683) „Praxisheu“, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 56 S.
- Resch, R., 2013: Einfluss des Managements auf die Raufutterqualität von Praxisbetrieben. Abschlussbericht der wissenschaftlichen Tätigkeit 3603 (DaFNE 100842) „Top-Heu“, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 24 S.
- Resch, R., 2013: Einfluss des Konservierungsmanagements auf die Qualität von Raufutter österreichischer Rinderbetriebe – Ergebnisse aus LK-Heuprojekten. Bericht zur 40. Viehwirtschaftlichen Fachtagung, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning 18.-19. April 2013, 57-72.
- Resch, R., Gruber, L., Gasteiner, J., Buchgraber, K., Wiedner, G., Pötsch, E. M., Guggenberger, T., 2009: Mineralstoffgehalte machen das Grund- und Kraftfutter wertvoll. ÖAG-Sonderdruck, Info 8/2009, 8 S.
- Resch, R., Guggenberger, T., Wiedner, G., Kasal, A., Wurm, K., Gruber, L., Ringdorfer, F., Buchgraber, K., 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. ÖAG-Sonderdruck, Info 8/2006, 20 S.
- Sauter, J., Latsch, R., Hensel, O., 2012: Eine neue Methode zur Bestimmung von Bröckelverlusten. Agrarforschung Schweiz 3 (3) 2012, 164-167.
- Stockinger, C., 2009: Milchproduktion in Zukunft – Gewinnen wir den Wettbewerb?, Tagungsband 36. Viehwirtschaftliche Fachtagung zum Thema Milchmarkt, Bestandesbetreuung, Mineralstoffversorgung, Forschungsergebnisse LFZ, Mutterkuhhaltung und Weidehaltung von Milchkühen, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 16.-17. April 2009, 11-18.
- Tilley, J. M. A, Terry, R. A., 1963: A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc. 18, 104-111.



Einfluss unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Futterhygiene von Raufutter

Andreas Adler^{1*}, Peter Kiroje¹, Elisabeth V. Reiter¹ und Reinhard Resch²

Zusammenfassung

Von einem Dauerwiesenbestand des LFZ Raumberg-Gumpenstein geerntetes Futter wurde als Heu konserviert, um den Einfluss von verschiedenen Trocknungsverfahren auf Keimzahldynamik und Artenzusammensetzung der Mikroflora und damit auf die mikrobiologische Qualität des produzierten Futters zu beobachten. Drei verschiedene Trocknungsverfahren wurden verglichen: konventionelle Bodentrocknung, Kaltbelüftung und Entfeuchtertrocknung. Der Versuch umfasste insgesamt 11 Schnitte in drei Vegetationsperioden (2010, 2011 und 2012). Probenahmen für die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgten zum Zeitpunkt der Einfuhr, im Zuge der Heulagerung (7 - 14 - 30 - 60 Tage nach der Mahd) und zu Fütterungsbeginn.

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung zeigen, dass die Keimgehalte der produkttypischen Bakterien und Pilze im frisch eingebrachten Futter jeweils im Verlauf der Vegetationsperiode mit jedem Aufwuchs anstiegen. Während der Heulagerung bis zum Fütterungsbeginn erfolgte dann eine signifikante Abnahme der Reliktflora dieser feldbürtigen Mikroorganismen. Mit zunehmendem Wassergehalt bei der Einfuhr erhöhte sich das Risiko für ein starkes Aufkommen der Lagerflora und einen damit verbundenen Futterverderb massiv. Im Heu der Variante Bodentrocknung waren im Verlauf der Untersuchung in fünf von 11 geprüften Aufwüchsen überhöhte Keimgehalte als Indikator für einen fortgeschrittenen Verderbsprozess festzustellen. Zum Vergleich waren bei Kaltbelüftung bzw. Entfeuchtertrocknung nur je zwei von 11 Aufwüchsen von Verderbsprozessen betroffen.

Abhängig vom jeweiligen Trocknungsverfahren hat sich die Trockenmasse (TM) des Futters bei der Einfuhr als limitierend für eine sichere Lagerung erwiesen. Als Grenzen für eine sichere Heulagerung haben sich unter den gegebenen technischen Möglichkeiten bei Bodenheu als Minimum etwa 80% TM zum Zeitpunkt der Einlagerung, bei Heu aus Kaltbelüftung mindestens 68% TM und für Heu mit Entfeuchtertrocknung mindestens etwa 55% TM zum Zeitpunkt der Einlagerung herausgestellt. Lagerung mit einem höheren Wassergehalt führte durchwegs zu einem starken Aufkommen der Lagerflora und damit verbundenem späterem Futterverderb.

Mit Heubelüftung oder Entfeuchtertrocknung konnten auch kürzere Schönwetterperioden zur Ernte ausgenützt und Heu hoher mikrobieller Qualität produziert werden. Je höher aber der Wassergehalt des Futters bei der Einfuhr und je aufwändiger die eingesetzte Technik, umso professionelleres Management ist dazu erforderlich.

Schlagerwörter: Heu, Trocknungsverfahren, Futterhygiene, Lagerpilze

Summary

A study was conducted to evaluate the effect of different drying methods on feed hygiene and microbiological quality of hay. Forage harvested from a permanent meadow at AREC Raumberg-Gumpenstein was conserved as hay to observe the impact of different drying methods on microbial counts and species composition of the microflora and thus on the microbiological quality of the feed produced. Three different drying methods were compared: conventional field drying, cold air drying and dehumidification technique. The study included a total of 11 cuts over three growing seasons (2010, 2011 and 2012). Hay samples for microbiological analysis were taken at the time of harvest, in the course of storage (7 - 14 - 30 - 60 days after mowing) and at the start of feeding.

The results of the microbiological analysis show that the counts of the product-typical bacteria and fungi of freshly stored forage increased during the vegetation period for all growths. In the course of storage until the start of feeding there was a significant decrease in the "relict"-flora of the field borne microorganisms. With higher moisture contents at beginning of storage, the risk of a substantial proliferation of the storage flora associated with a subsequent spoilage significantly increased. Five of eleven cuts of conventionally field dried hay showed excessive microbial counts indicating a progressive spoilage. Only two of 11 cuts of hay generated by cold air drying or dehumidification technique were affected by spoilage processes.

Depending on the drying method, the dry matter (DM) content of the harvested forage has proved to be limiting a safe storage in terms of feed hygiene. Under the given technical options a dry matter content of 80% has been found as the minimum value for safe storage of conventional field dried hay. The respective minimum dry matter value of hay produced with cold air drying was 68% and that of hay produced with dehumidification technique was 55%. Storage of harvested material with a higher moisture content led consistently to a strong increase of storage flora associated with subsequent spoilage.

Cold air drying and dehumidification technique also allow using shorter periods of favorable weather conditions for production of hay with a high microbiological quality. However, the higher the moisture content of the harvested forage at the beginning of storage and the more complex the technology used, the more professional management is required to achieve safe storage and high quality of hay.

Keywords: Hay, drying methods, feed hygiene, fungal species

¹ Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Tierernährung und Futtermittel, A-4020 LINZ

² LFZ Raumberg-Gumpenstein, Referat für Futtermittelkonservierung und Futtermittelbewertung, Raumberg 38, A-8952 IRDNING

* Dr. Andreas ADLER, andreas.adler@ages.at

Einleitung

Zunehmender Wettbewerb und steigende Futtermittelpreise erfordern eine Beurteilung von Heu - sowohl nach dessen Futterwert als auch nach dessen monetärem Wert. Dies erfolgt zumeist basierend auf seinem Profil an Nähr- und Inhaltsstoffen. Dabei hat die mikrobielle Qualität gerade bei wirtschaftseigenem Grundfutter einen entscheidenden Einfluss auf Gesundheit und Leistung der landwirtschaftlichen Nutztiere. Die mikrobiologische Untersuchung bietet die grundlegende Möglichkeit, Futtermittel im Hinblick auf im Zuge der Lebensmittelsicherheit geforderten Unverdorbenheit und deren graduellen Abstufungen im Vergleich zur normalen Beschaffenheit zu beurteilen.

Ein gewisser Keimbesatz ist dabei für Futtermittel normal, auf pflanzlichen Materialien sind zum Zeitpunkt der Ernte unvermeidbar bestimmte Keimgruppen in mehr oder weniger hohen Zahlen anzutreffen. Im Laufe der Lagerung kann eine Veränderung der Mikroflora durch Umschichtung der Arten eintreten. So können sich an die Bedingungen der Lagerhaltung angepasste oder auch unerwünschte Keime vermehren.

Mikroorganismenbesatz von Grünfutter

Die Primärflora von Grünlandpflanzen ist vor allem durch unterschiedliche Sukzessionen durchwegs saprophytisch oder schwach parasitisch lebender Mikroorganismen charakterisiert. Mit dem Altern der Pflanze nimmt das zunächst bestehende Gleichgewicht zwischen Mikroorganismen und Pflanze zu Ungunsten der Pflanze ab. Die mit dem Alterungsprozess einhergehende Verholzung und die gleichzeitige Abnahme des Wassergehaltes können aber bei Gräsern eine massive Vermehrung von Bakterien und Pilzen verhindern (Dickinson 1976, Campbell 1985, Lengauer 1993). Die auf der Pflanzenoberfläche dominierenden Bakterienarten tragen dabei auch zum Schutz der Pflanze vor Pilzinvansionen bei (Wittenberg 1997). In der Regel nimmt die mikrobielle Kontamination des Grünfutters von Schnitt zu Schnitt zu, worin sich die Schwächung der Pflanze mit dem Alter, aber auch der erhöhte Infektionsdruck seitens der Biosphäre mit fortschreitender Vegetationszeit widerspiegeln (Campbell 1985, Adler und Lew 1995, Buchgraber *et al.*, 1996).

Beim Schnitt und den nachfolgenden Arbeitsschritten der Heuproduktion werden ursprünglich boden- und luftbürtige Mikroorganismen auf das Pflanzenmaterial verbracht. Die Bakterienflora wird zu diesem Zeitpunkt zumeist von gram-negativen Keimgruppen wie Pseudomonaden und epiphytischen Enterobakterien dominiert (Adler 2002). Bei den Pilzen treten neben Hefen meist Spezies aus verschiedenen Gattungen der Hyphomyceten wie *Acremonium*, *Cladosporium*, *Colletotrichum* oder *Verticillium*, sowie gelegentlich auch die toxinogenen Pilzgattungen *Fusarium* und *Alternaria* auf. Ungleich häufiger werden aber Coelomyceten nachgewiesen, wobei sich Spezies aus den Gattungen *Phoma* und *Ascochyta* vielfach als wichtigste, die Pilzflora ganzer Grünlandbestände dominierende Gattungen erweisen (Breton und Zwanepoel 1991, Wittenberg 1997, Adler 2002). Auch Hefen können dem Ursprung nach zur Feldflora gezählt werden, weil sie Futterpflanzen bereits

im Feld besiedeln und von dort aus in die Lagerstätten eingebracht werden. Wegen ihrer fermentativen Fähigkeiten sind sie aber oft entscheidend am Stoffabbau, vor allem in Silagen, beteiligt und in diesem Falle als Verderbanzeiger zu bewerten (Wiedner 2008).

Mit dem Schnitt setzt ein Wettlauf zwischen Trocknung und Verderb des Grünfutters ein. Bei einer ungenügend raschen Trocknung kommt es in feuchtem Futter schnell zu einer massiven Entwicklung der vorhandenen epiphytischen Mikroflora und einer Vermehrung von Keimen. Dies bedeutet Verlust an wichtigen Inhalts- und Wirkstoffen im Futtermittel. Hinzu kommt das Risiko der Bildung von Stoffwechselprodukten der Mikroorganismen (z.B. Toxine), die für das Tier unverträglich sind und zu Leistungsminde-rungen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen.

Versuche haben gezeigt, dass Bakterienpopulationen nach Niederschlagsereignissen im Stande sind, sich in der Phase der Feldtrocknung auf dem geernteten Futter um das 10- bis 100-fache zu vermehren. Während die Pilzkeimzahlen zunächst wenig Veränderung zeigen, verzeichnet die pilzliche Biomasse eine rasche Zunahme. Allein ein einzelnes Ereignis wie starker Taufall oder Regen während der Feldtrocknung kann in einer Verdoppelung der pilzlichen Biomasse im Futter resultieren (Wittenberg 1997).

Wiesen mit einer guten botanischen Zusammensetzung, das Mähen im optimalen Erntestadium sowie eine schnelle Abtrocknung auf dem Feld sind Voraussetzung für eine gute Heubereitung. Mit einer wirksamen Unterdachttrocknung lassen sich auch kurze Schönwetterperioden ausnutzen (Wyss 2008, Nydegger und Wirleitner 2009). Verschiedene fehlerhafte Maßnahmen bei der Heuwerbung, wie etwa ein falscher Schnittzeitpunkt, falsche Wiesenmischungen, Mähen bei zu geringer Schnitthöhe oder etwa zu fest gepresste (Groß-)Ballen, können dagegen zu einer erheblichen Beeinträchtigung der mikrobiologischen Qualität des Erntegutes führen (Strauß und Schoch 2003). Aus einer bereits verminderten Futterqualität bei der Einlagerung können bei längerer Lagerdauer noch zusätzliche Qualitätsverluste resultieren. Die Keimbelastung kann drastisch zunehmen, wenn sowohl ungünstige Ernte- und schlechte Lagerbedingungen vorliegen. Reduzierte Feuchtigkeitsabfuhr und ungenügende Trocknung gelten als Hauptursachen für hohe Keimgehalte in Heu (Buchgraber 2009).

Im Heulager wird die Reliktflora an feldbürtigen Mikroorganismen, die höhere Feuchtigkeitsansprüche stellt, auch durch das Einwirken höherer Temperaturen rasch dezimiert (Wittenberg 1997) und kann dann von einer Lagerflora abgelöst werden (Kaspersson *et al.*, 1984, Breton und Zwanepoel 1991, Undi *et al.*, 1997). Von den feldbürtigen Bakterien und Pilzen produzierte Myzelien, Sporen oder Stoffwechselprodukte verbleiben aber jedenfalls im Heu, auch wenn die betreffenden Mikroorganismen zu diesem Zeitpunkt bereits abgestorben sind.

Mikroorganismen im gelagerten Heu

Mikroorganismen kommen in gelagerten Produkten kaum in Reinkultur vor, sondern vielmehr in Form von Gruppen interagierender Bakterien- und Pilzarten. Meist werden Pilze unter jenen Umweltbedingungen in größter Zahl nachgewie-

sen, unter denen sie am besten überleben oder konkurrieren können und nicht wo ihr eigentliches Wachstumsoptimum liegt (Undi *et al.*, 1997). Abgesehen vom betreffenden Substrat selbst sind dabei der Feuchtigkeitsgehalt bzw. der verfügbare Wassergehalt und die Temperatur die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Sukzession der Mikroflora im gelagerten Heu (Kaspersson *et al.*, 1984, Breton und Zwaenepoel 1991, Undi *et al.*, 1997).

In gelagertem Pflanzenmaterial kann Pilzwachstum in einem weiten Temperaturbereich stattfinden, wobei die meisten Arten in einem Bereich von etwa 10 bis 40°C auftreten und ein Wachstumsoptimum in einem Bereich von 25 bis 35°C aufweisen. Mit dem Überschreiten einer Temperatur von etwa 40°C im Zuge der Heuproduktion und Heulagerung geht ein Rückgang aller wenig thermotoleranten Arten einher (Wittenberg 1997).

Höhere Feuchtigkeit bei der Einlagerung führt zu einem stärkeren Temperaturanstieg im Erntegut. Versuche zeigten, dass sich Luzerneheu mit etwa 76% TM-Gehalt dabei auf bis zu 44°C erwärmte und bereits nach spätestens 8 Tagen Lagerdauer sämtliche Feldpilzarten, wie etwa *Phoma*, *Alternaria* oder *Cladosporium*, eliminiert waren. Die in der frühen Phase der Lagerung herrschenden physikalischen Bedingungen bestimmten schließlich Ausmaß und Artenspektrum der Pilzflora im Verlauf der weiteren Lagerung (Undi *et al.*, 1997).

Sporen von Lagerpilzen sind in geringer Zahl ubiquitär bereits im geernteten Futter vorhanden. Ob und welche Lagerpilzflora sich entwickelt, hängt primär vom Feuchtigkeitsgehalt des Heus im Zusammenspiel mit anderen Faktoren, wie etwa der Temperatur oder einer Belüftung ab (Kaspersson *et al.*, 1984, Albert *et al.*, 1989, Breton und Zwaenepoel 1991, Undi *et al.*, 1997).

In der Regel wird die Lagerpilzflora von einer geringen Artenvielfalt gekennzeichnet. Osmophile oder xerotolerantere Pilze wie *Wallemia sebi* und die Vertreter der *Aspergillus glaucus*-Gruppe oder der Mucorales dominieren meist die Pilzflora bei einer Feuchtigkeit von Heu von bis zu etwa 20 bis 25% und einer Erwärmung auf maximal etwa 35°C (Kaspersson *et al.*, 1984, Undi *et al.*, 1997, Reboux *et al.*, 2006, Padamsee *et al.*, 2012). Wenn auch über das Toxinbildungsvermögen dieser Pilze auf Heu wenig bekannt ist, so bewirkt eine stärkere Verpilzung mit diesen Arten zumindest deutlichen Energieverlust und eine Minderung des Futterwertes (Reiß 1986, Lew und Adler 1996, Anacker 2007, Wiedner 2008).

Ungenügende Trocknung ist eine Hauptursache für hohe Keimgehalte in Heu. Zusätzlich wird durch die Atmung der Pilze laufend Wasser produziert, sodass bei zu dichter Lagerung und mangelnder Belüftung der Feuchtigkeitsgehalt des Heus noch weiter zunehmen kann. Schimmelpilze benötigen für diese Entwicklung auch Nährstoffe, die sie dem befallenen Futter entziehen und in der Folge den Futterwert deutlich mindern. Pilzwachstum im Heu kann andererseits aber auch zu einer Auflockerung der Zellstrukturen und damit zu mehr Feinanteil führen und in einzelnen Fällen würde sich die Verdaulichkeit solchen Futters daher von einwandfreiem Heu womöglich kaum unterscheiden. Höhere Keimgehalte beeinträchtigen aber auch den Geschmack

und somit die Akzeptanz der befallenen Futtermittel. Bei freier Auswahl würden Tiere daher meist das weniger stark verpilzte Heu wählen (Wittenberg *et al.*, 1996).

Eine höhere Ausgangsfeuchtigkeit und damit verbunden eine stärkere Erwärmung des Heus führt zu einer Sukzession unter anderem der *Aspergillus*-Arten, wobei nicht nur die Kardinalpunkte der Wasseraktivität und der Temperaturtoleranz über die Abfolge der *Aspergillus*-Arten entscheiden. Zusätzliche Einflussfaktoren stellen die Art und Zusammensetzung des Heus, sowie die Lagerdauer oder auch die cellulolytische Kapazität der Pilze dar (Kaspersson *et al.*, 1984, Hlödversson und Kaspersson 1986, Reiß 1986, Albert *et al.*, 1989, Breton und Zwaenepoel 1991). Ein höherer Feuchtigkeitsgehalt des Heus ermöglicht auch Bakterien das Wachstum und eine Folge der erhöhten mikrobiellen Stoffwechselfähigkeit ist ein entsprechender Temperaturanstieg.

Bei einer Temperatur von 40°C und mehr setzten sich thermotolerante bzw. thermophile Mikroorganismen durch. Dazu gehören vor allem *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus nidulans* und Actinomyceten (Kaspersson *et al.*, 1984, Reiß 1986, Breton und Zwaenepoel 1991, Undi *et al.*, 1997). Deren Sporen können nach Inhalation allergische Erkrankungen verursachen und bei entsprechendem Infektionsdruck zu einer Ansiedlung im Atmungs- bzw. Verdauungsbereich bei Menschen und Haustieren führen (Kotimaa 1990, McDonald *et al.*, 1991, Reboux *et al.*, 1996, Nydegger und Wirleitner 2009). Vor allem bei Pferden erweisen sich *Aspergillus*-Allergien auch als Wegbereiter für schwere Folgeinfektionen (Kotimaa 1990, Reboux *et al.*, 1996).

Trocknungstechniken

Gute Grundfutterqualitäten sind hauptsächlich durch einen rechtzeitigen Schnitzeitpunkt erzielbar. Als Schwachpunkte bei der Produktion von Bodenheu sind etwa die mechanisch bedingten Verluste durch häufigere Bearbeitung, starke Nährstoffverluste durch die lange Trocknungsphase am Feld sowie eine stärkere Fermentation am Lager zu sehen. Bei zu feucht eingelagertem Heu besteht die Gefahr der Selbsterhitzung. Das größte Problem liegt jedoch im Schlechtwetterrisiko und der langen Erntezeitspanne (Wilhelm 1991, Buchgraber *et al.*, 1994, Wyss 2008, Nydegger und Wirleitner 2009).

Mit einer Heubelüftung oder mittels Entfeuchtertrocknung können dagegen auch kürzere Schönwetterperioden ausgenutzt werden. Durch den intensiveren Abtransport von Restfeuchte kann man selbst bei Einlagerung von Futter mit höherem Wassergehalt die Fermentationsvorgänge im Heustock gering halten (Wilhelm 1991, Buchgraber *et al.*, 1994, Wyss 2008, Nydegger und Wirleitner 2009) und somit das Risiko von Schimmelbefall reduzieren (Buchgraber *et al.*, 1994).

Bei Belüftung trocknet Heu nicht gleichmäßig, sondern schichtweise. Die getrocknete Schicht wandert im Laufe der Zeit in Strömungsrichtung der Luft weiter. Bei niedriger Außentemperatur kann - insbesondere bei Warmlufttrocknung - die feuchte Trocknungsluft an der Oberfläche des Heustocks kondensieren und zu Schimmelbildung führen (Nydegger und Wirleitner 2009).

Auch unterschiedliches Trocknungsverhalten des Pflanzmaterials kann zu einer kleinräumigen ungleichmäßigen Verteilung der Restfeuchte am Heulager führen. So trocknen zarte Blattanteile wesentlich rascher als gröbere Halme und dickwandige Stängel (Buchgraber *et al.*, 1994).

Besondere Aufmerksamkeit muss bei der Einlagerung des Heus diesen größeren Pflanzteilen gewidmet werden. Hier kann es zu einer oberflächlichen Austrocknung kommen, das Heu kann subjektiv als trocken empfunden werden - aber im Inneren der Stängel oder Knoten ist noch erhebliche Feuchtigkeit vorhanden (Wölk und Sarkar 1983). Beobachtungen von Albert *et al.*, (1989) und Wittenberg (1997) haben ergeben, dass das Pilzwachstum bei unzureichend getrocknetem Heu meist von Verletzungsstellen oder Internodien entlang des Stängels seinen Ausgang nimmt.

Auch gut und trocken eingebrachtes Heu enthält oft noch 20 bis 25% Restfeuchtigkeit. Bis zum Erreichen einer sicheren Lagerreife von maximal 14 bis 15% Feuchte müssen noch erhebliche Wassermengen verdunstet werden. Während dieser Feuchtigkeitsabgabe macht das Heu am Lager eine in der Praxis als „Schwitzen“ bezeichnete Erwärmung durch (Wölk und Sarkar 1983, Buchgraber *et al.*, 1994). Zudem sind im Heu auch noch nicht alle Pflanzenzellen abgestorben und deswegen noch stoffwechselaktiv (Wölk und Sarkar 1983). In dieser Phase der Konservierung kann in einem Heulager ohne Belüftung bereits bei einer Einfuhrfeuchtigkeit von 18 bis 25% rasch eine Temperatur von 40°C erreicht werden (Wittenberg 1997).

Fragestellung

Mit gesteigertem Wettbewerb und höherem Qualitäts- und Leistungsbewusstsein der landwirtschaftlichen Produktion wurden in den letzten Jahren vielfältige technologische Verbesserungsmaßnahmen zur Verringerung des erforderlichen Arbeitsaufwandes und zur Steigerung der Effizienz in der Futtermittelkonservierung entwickelt. In der Heubereitung galt dabei ein Hauptinteresse vor allem einer Beschleunigung der Trocknungsverfahren.

Im Zuge des Projektes „Heutrocknung“, galt es zu ermitteln, welchen Einfluss verschiedene Trocknungsverfahren auf die nachfolgend festzustellende Dynamik der Keimgehalte nehmen und inwieweit die Gattungs- und Artzusammensetzung der Mikroflora im Heu beeinflusst werden. Zusätzlich war auch die Auswirkung unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Interpretation der Analyseergebnisse im Hinblick auf eine Beurteilung der mikrobiologischen Qualität der Heuproben abzuklären. Wichtige Ansatzpunkte des Projektes behandelten den Einfluss der unterschiedlichen Trocknungsverfahren im Hinblick auf

- Keimzahldynamik und Zusammensetzung der Mikroflora sowie auf die nachfolgende
- Beurteilung der mikrobiologischen Qualität von Heuproben

Material und Methoden

Versuchsgrundlagen und Material

Von einem Dauerwiesenbestand des LFZ Raumberg-Gumpenstein geerntetes Futter wurde als Heu konserviert, wobei drei verschiedene Trocknungsverfahren zum Einsatz kamen. Hier wurde zwischen konventioneller Bodentrocknung, Kaltbelüftung und Entfeuchtertrocknung unterschieden. Das Projekt umfasste drei Vegetationsperioden (2010, 2011 und 2012). In den Jahren 2010 und 2011 wurden jeweils vier Schnitte geerntet und im Jahr 2012 konnte die Heuernte nur zu drei Schnitzeitpunkten durchgeführt werden. Hier musste aufgrund einer Schlechtwetterperiode auf einen Schnitt verzichtet werden.

Die Probenahmen erfolgten zu sechs unterschiedlichen Zeitpunkten der Trocknungsperiode, nach der Feldphase (Startphase Konservierungsprozess = „Einfuhr“, im Zuge des Raufutter-Konservierungsprozesses (7 - 14 - 30 - 60 Tage nach der Mahd) und zu Fütterungsbeginn. Der Beginn der Fütterung erfolgte für die drei Trocknungsverfahren aus einem Aufwuchs jeweils zum gleichen Zeitpunkt etwa 140 bis 240 Tage nach der Mahd, abhängig vom Erntezeitpunkt.

Wasseruntersuchung

Die Bestimmung der Trockenmasse der Heuproben erfolgte in Anlehnung an VDLUFA-Methode 3.1: Berechnung nach Einwaage von 100 g Heu und Rückwaage nach 24 Stunden Trocknung mit 105°C.

Mikrobiologische Untersuchung und Qualitätsbeurteilung

Zur mikrobiologischen Qualitätsbeurteilung der Heuproben wird die Keimzahl an aeroben, mesophilen Bakterien, Hefen Schimmel- und Schwärzepilzen entsprechend VDLUFA-Methode 28.1.2 bestimmt: Von der mit einer Schere zerkleinerten Probe werden mit einer gepufferten Peptonlösung eine Ausgangssuspension (jeweils 20 g Probe und 380 ml

Tabelle 1: Orientierungswerte (in 10⁶ KBE/g bzw. 10³ KBE/g) des VDLUFA für produkttypische und verderbanzeigende Mikroorganismen in Heu, zusammengefasst zu Keimgruppen (KG) 1 bis 7 (VDLUFA 28.1.4).

Keimgruppen (KG)	Wichtige Indikatorkeime, u.a.	Orientierungswert
Mesophile aerobe Bakterien		
		x 10⁶ KBE/g
KG 1	Produkttypische Bakterien	Gelbkeime, Pseudomonas, Enterobacteriaceae
		30
KG 2	Verderbanzeigende Bakterien	Bacillus, Micrococcus
		2
KG 3	Verderbanzeigende Bakterien	Streptomyceten
		0,15
Schimmel- und Schwärzepilze		
		x 10³ KBE/g
KG 4	Produkttypische Schimmel- und Schwärzepilze	Schwärzepilze, Acremonium, Fusarium, Aureobasidium
		200
KG 5	Verderbanzeigende Schimmel- und Schwärzepilze	Aspergillus, Penicillium, Scopulariopsis, Wallemia
		100
KG 6	Verderbanzeigende Schimmelpilze	Mucorales
		5
Hefen		
		x 10³ KBE/g
KG 7	Verderbanzeigende Hefen	alle Gattungen
		150

Suspendierungslösung) und daraus eine dezimale Verdünnungsreihe hergestellt. Von geeigneten Verdünnungsstufen werden Keimzählplatten nach dem Oberflächenverfahren mit einem Nachweismedium für Bakterien (Tryptose-Agar mit TTC) bzw. mit zwei Nachweismedien für Hefen, Schimmel- und Schwärzepilze (Bengalrot-Chloramphenicol-Agar mit Tergitol sowie Dichloran-Glycerin-(DG 18)-Agar) hergestellt. Die beimpften Keimzählplatten werden nach entsprechender Bebrütung ausgezählt.

Die Qualitätsbewertung der Heuproben auf Basis der ermittelten Untersuchungsergebnisse erfolgt nach den in VDLUFA-Methode 28.1.4 festgelegten Orientierungswerten für Keimgehalte (vergl. *Tabelle 1*). Erntefrisches Heu kann dabei aber wesentlich höhere Keimgehalte an feldbürtigen (produkttypischen) Keimgruppen aufweisen, als im Orientierungswert-Schema angegeben - das Schema ist für die Beurteilung erntefrischer Proben daher nur bedingt geeignet. Bei guter Lagerung nehmen diese Keimgehalte innerhalb einiger Wochen erfahrungsgemäß ab (Bucher und Thalmann 2006).

Orientierungswerte sind in VDLUFA-Methode 28.1.4 festgelegt als Obergrenzen von Keimgehalten für Heu im Zustand der Unverdorbenheit (vergl. *Tabelle 1*). Zur Beschreibung der Qualität wurden vier Qualitätsstufen (QS I bis IV) festgelegt (VDLUFA 28.1.4):

Überschreitet dabei der Keimgehalt keiner Keimgruppe den Orientierungswert, werden Keimgehalt und Qualität als normal bewertet (QS I). Überschreitet dagegen der Keimgehalt bei mindestens einer Keimgruppe den Orientierungswert maximal um das 5-fache bzw. um das 10-fache, wird eine geringgradig herabgesetzte (QS II) bzw. deutlich herabgesetzte Qualität (QS III) befundet.

Überschreitet schließlich der Keimgehalt bei mindestens einer Keimgruppe den Orientierungswert um mehr als das 10-fache, wird der Keimgehalt als überhöht beurteilt und eine Unverdorbenheit des Futters ist nicht mehr gegeben (VDLUFA 28.1.4), das Futter wird als verdorben eingestuft (QS IV).

Ergebnisse und Diskussion

Produkttypische Mikroorganismen

Frisches Grünfutter ist zum Zeitpunkt der Ernte unvermeidbar in unterschiedlicher Weise durch Bakterien, Hefen,

Schimmel- oder Schwärzepilze besiedelt. Mit dem mehr oder weniger stark angetrockneten Pflanzenmaterial werden diese feldbürtigen Mikroorganismen („Feldflora“) in das Heulager verbracht.

Im gegenständlichen Projekt wurde in allen drei Untersuchungs-jahren und im Heu aller drei Trocknungsverfahren eine sehr ähnliche Feldflora festgestellt: Die Bakterienflora wurde zumeist von gram-negativen Keimgruppen wie Pseudomonaden und epiphytischen Enterobakterien dominiert. Bei den Pilzen traten neben Hefen meist Spezies aus verschiedenen Gattungen der Hyphomyceten wie *Acremonium*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Colletotrichum* oder *Verticillium*, sowie gelegentlich auch die toxinogenen Pilzgattungen *Fusarium* und *Alternaria* auf. In noch größeren Zahlen wurden aber *Coelomyceten* nachgewiesen, wobei sich Spezies aus den Gattungen *Phoma* und *Ascochyta* als dominierende Pilze erweisen.

Diese Ergebnisse decken sich sowohl mit Beobachtungen aus eigenen früheren Untersuchungen (Adler 2002) als auch mit den Erfahrungen anderer Autoren (Breton und Zwaenepoel 1991, Wittenberg 1997, Wiedner 2008).

Die statistische Auswertung der im Zuge des Projektes ermittelten Keimzahldaten (über alle Versuchsglieder hinweg) zeigt einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem jeweiligen Erntetermin bzw. Aufwuchs oder der

Tabelle 2: Einfluss von Versuchsjahr, Aufwuchs, Trocknungsverfahren und Lagerdauer auf den Gehalt an produkttypischen Bakterien (KG 1), Pilzen (KG 4) und Hefen (KG 7) im Heu

Ursache/Keimgruppe	Signifikanz (p-Wert, 95%)		
	KG 1	KG 4	KG 7
2010-2012 (Aufwuchs 1-4) logarithmiert			
Jahr	0,098	0,784	0,018
Aufwuchs	0,000	0,000	0,000
Trocknungsverfahren	0,701	0,020	0,000
Lagerungsdauer	0,000	0,000	0,000
Jahr x Trocknungsverfahren	0,819	0,063	0,159
Jahr x Lagerungsdauer	0,821	0,971	0,699
Aufwuchs x Trocknungsverfahren	0,077	0,040	0,004
Aufwuchs x Lagerungsdauer	0,334	0,277	0,280
Trocknungsverfahren x Lagerungsdauer	0,905	0,887	0,979

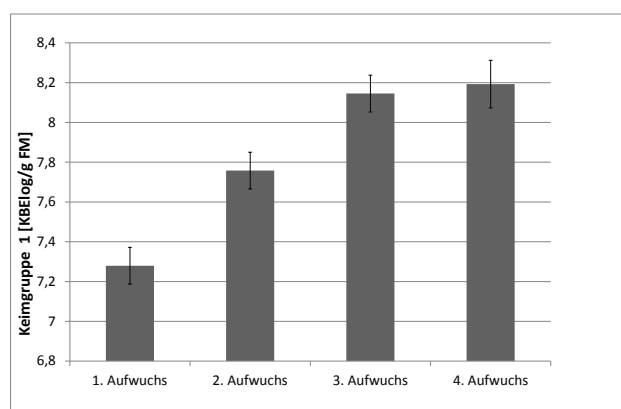
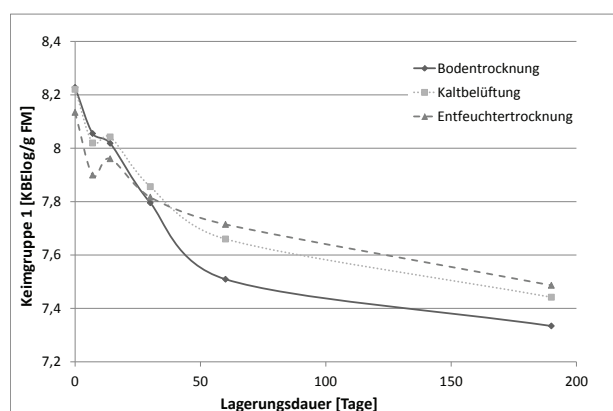


Abbildung 1: Gehalt an produkttypischen Bakterien (KG 1) im Heu Ernte 2010 bis 2012 je nach Aufwuchs bzw. je nach Trocknungsverfahren und unterschiedlicher Lagerdauer



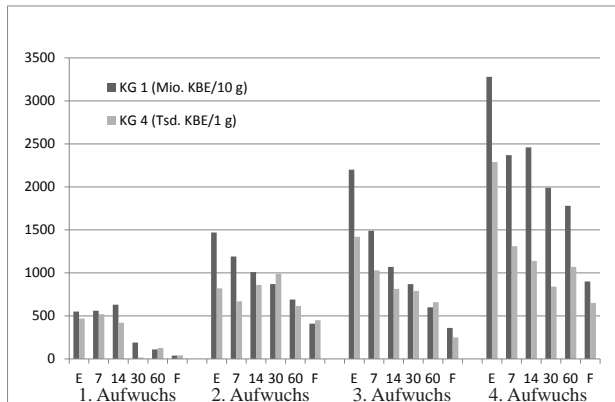


Abbildung 2: Keimzahldynamik der produkttypischen Bakterien (KG 1) und Pilze (KG 4) in Heu nach Kaltbelüftung von den 4 Aufwüchsen 2011 zu verschiedenen Probenahmeterminen (Einfuhr, nach 7 - 14 - 30 - 60 Tagen Lagerdauer sowie bei Fütterungsbeginn), KG 1 in Mio. KBE je 10 Gramm.

Lagerdauer und den entsprechenden Gehalten an produkttypischen Bakterien, Pilzen und Hefen im Heu (Tabelle 2 sowie Abbildungen 1, 2, und 3). Die Ergebnisse sind über die drei Versuchsjahre hinweg gut vergleichbar, eine Jahrgangsschwankung ist nicht oder nur tendenziell feststellbar.

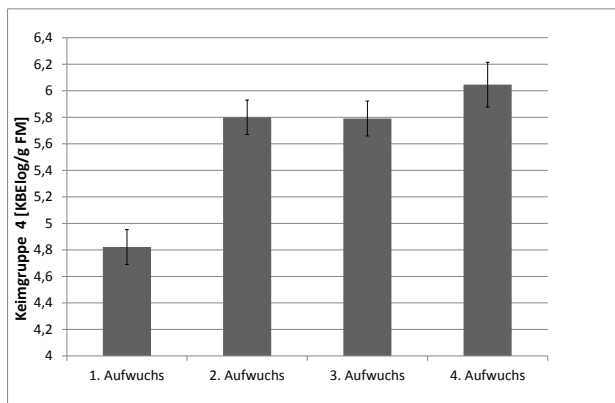


Abbildung 3: Gehalt an produkttypischen (Schimmel- und Schwärze-)Pilzen (KG 4) im Heu Ernte 2010 bis 2012 je nach Aufwuchs bzw. je nach Trocknungsverfahren und unterschiedlicher Lagerdauer

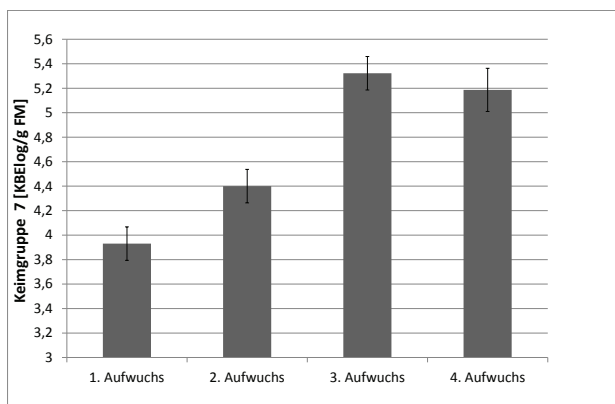


Abbildung 4: Gehalt an produkttypischen Hefen (KG 7) im Heu Ernte 2010 bis 2012 je nach Aufwuchs bzw. je nach Trocknungsverfahren und unterschiedlicher Lagerdauer

Die im Heu festgestellten Keimgehalte an produkttypischen Bakterien (KG 1) steigen mit jedem Aufwuchs im Verlauf der Vegetationsperiode an.

Eine Zunahme des epiphytischen Mikrobenbesatzes auf einem Graslandstandort im Verlauf der Vegetationsperiode wurde auch von Fehrmann und Müller (1990) beobachtet. Dabei könnten die Schwächung der Pflanze mit dem Alter, aber auch der erhöhte Infektionsdruck seitens der Biosphäre mit der fortschreitenden Vegetationszeit (Campbell 1985, Adler und Lew 1995) zu der festgestellten Zunahme der mikrobiellen Kontamination des Grünfutters beigetragen haben.

Am Beispiel von kaltbelüftetem Heu aus dem Jahr 2011 wird die Keimzahldynamik der produkttypischen Bakterien (KG 1) und Pilze (KG 4) im Laufe der Ernte- und Lagerperiode gezeigt: Die im Pflanzenmaterial nach der Feldphase, das heißt unmittelbar nach Einfuhr („E“), festgestellten Keimgehalte steigen mit jedem Aufwuchs im Verlauf der Vegetationsperiode an. Im Zuge des Konservierungsprozesses (7 - 14 - 30 - 60 Tage nach der Mahd) bis zum Fütterungsbeginn („F“) ist jeweils eine signifikante Abnahme der Reliktflora der feldbürtigen Mikroorganismen am Lager zu erkennen.

Im Laufe der Lagerung kommt es zu einer Veränderung der Mikroflora. Die Zahl der ursprünglichen Keime nimmt

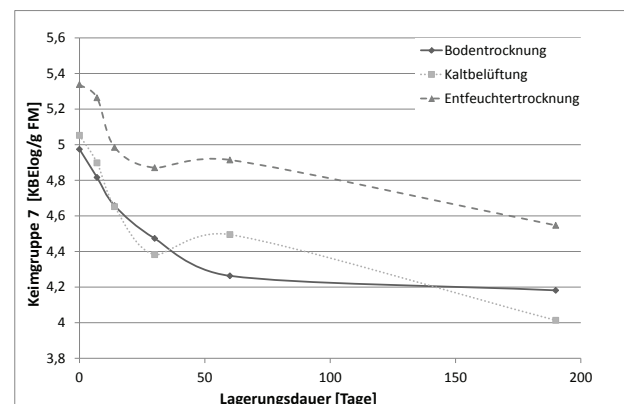
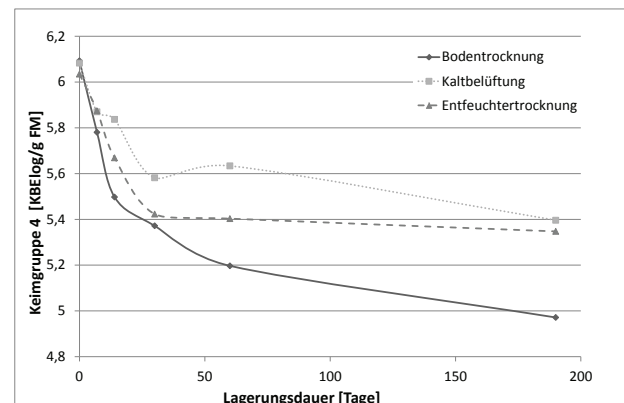


Tabelle 3: Keimzahldynamik in Heu aus Bodentrocknung vom 1. Aufwuchs 2012 zu verschiedenen Probenahmeterminen (Einfuhr, nach 7 - 14 - 30 - 60 Tagen Lagerdauer sowie zu Fütterungsbeginn)

Jahr	Aufwuchs	Trocknung	Lagerdauer	KG 1	KG 2	KG 3	KG 4	KG 5	KG 6	KG 7
				Millionen KBE/g			Tausend KBE/g			
2012	1	Boden	Einfuhr	109	0,1	<0,1	870	<0,1	<1,0	75
2012	1	Boden	7 Tage	79	0,9	<0,1	235	<0,1	1,5	30
2012	1	Boden	14 Tage	81	1,1	<0,1	108	<0,1	<1,0	10
2012	1	Boden	30 Tage	20	1,2	<0,1	142	4,5	2	9
2012	1	Boden	60 Tage	12	0,8	<0,1	35	43	1	4
2012	1	Boden	Fütterung	3,4	0,8	<0,1	8	27	0,4	5

Tabelle 4: Einfluss von Versuchsjahr, Aufwuchs, Trocknungsverfahren und Lagerdauer auf den Gehalt an verderbanzeigenden Bakterien (KG 2), Streptomyceten (KG 3) und Pilzen (KG 5 und 6) im Heu

2010-2012 (Aufwuchs 1-4) logarithmiert Ursache/Keimgruppe	Signifikanz (p-Wert)			
	KG 2	KG 3	KG 5	KG 6
Jahr	0,000	0,000	0,075	0,001
Aufwuchs	0,001	0,032	0,000	0,000
Trocknungsverfahren	0,007	0,053	0,003	0,000
Lagerungsdauer	0,560	0,423	0,000	0,019
Jahr x Trocknungsverfahren	0,000	0,003	0,315	0,690
Jahr x Lagerungsdauer	0,707	0,609	0,982	0,986
Aufwuchs x Trocknungsverfahren	0,015	0,000	0,020	0,003
Aufwuchs x Lagerungsdauer	0,474	0,879	0,839	0,980
Trocknungsverfahren x Lagerungsdauer	0,651	0,980	0,760	0,709

ab, die Reliktflora an feldbürtigen Mikroorganismen kann mehr oder weniger rasch dezimiert werden. Die Auswertung der Daten zeigt dabei, dass nach Bodentrocknung im Durchschnitt die Zahl der produkttypischen Bakterien einer geringfügig stärkeren und die produkttypischen Pilze einer wesentlich stärkeren Reduktion unterliegen als bei Kaltbelüftung oder Entfeuchtungstrocknung (vergl. *Abbildung 1* und *3*). Tendenziell ist dabei in Proben mit einem relevanten Aufkommen von Lagerpilzen ein stärkerer Rückgang der feldbürtigen Mikroflora zu beobachten.

Der Gehalt an Hefekeimen zeigt bei Entfeuchtungstrocknung ebenso wie in den beiden anderen Trocknungsvarianten eine deutliche Abnahme der Keimzahlen. Die Keimgehalte im Heu, das mittels Entfeuchtung produziert wurde, liegen aber selbst bei durchschnittlicher Betrachtung über die gesamte Lagerdauer etwa doppelt so hoch (> 0,3 log-Stufen höher) als in den anderen Varianten.

Am Beispiel von Bodenheu vom 1. Aufwuchs 2012 soll die Abnahme der Reliktflora an feldbürtigen Mikroorganismen am Lager gezeigt werden: die Keimgehalte der produkttypischen Bakterien (KG 1), der Schimmel- und Schwärzepilze (KG 4) sowie der Hefen (KG 7) gehen im Verlauf der Lagerung um mehr als eine (Bakterien und Hefen) bzw. zwei Logstufen (Pilze) zurück. Lagerpilze kommen in diesem Zeitraum nicht in relevantem Maße auf, deutlicher Indikator für eine erfolgreiche Trocknung und Lagerung.

Es ist bekannt, dass erntefrisches sowie nicht hinreichend lang gelagertes Heu wesentlich höhere Keimgehalte bei den Keimgruppen 1, 4 und 7, als im Orientierungswertschema angeben, aufweisen kann. Bei Lagerung nach guter fachlicher Praxis nehmen diese Keimgehalte innerhalb einiger Wochen erfahrungsgemäß ab (VDLUFA 28.1.4). Die Beurteilung der ermittelten Keimgehalte wird im Zuge des

Projekts daher nur für Heuproben nach einer Lagerdauer von mindestens 30 Tagen vorgenommen: Im Bodenheu (*Tabelle 3*) überschreitet nach einer Lagerdauer von 30 Tagen der Keimgehalt keiner Keimgruppe den entsprechenden Orientierungswert (vergl. *Tabelle 1*). Dieses Heu wird folglich mit (der optimalen) Qualitätsstufe I bewertet.

Verderbanzeigende Mikroorganismen

Auf dem Heulager kann die Reliktflora an feldbürtigen Mikroorganismen vielfach mehr oder weniger rasch von einer Lagerflora ergänzt oder abgelöst werden. Welche Lagerflora sich entwickelt, hängt primär vom Feuchtigkeitsgehalt des Heus im Zusammenspiel mit anderen Faktoren, wie etwa der Temperatur oder einer Belüftung ab (Reiß 1986).

Im Heu aller drei Trocknungsverfahren war die Lagerflora von einer geringen Artenvielfalt gekennzeichnet. Als verderbanzeigende Bakterien waren verschiedene Bazillus-Arten vorherrschend, dazu kamen vereinzelt Actinomyceten. *Penicillium*, *Scopulariopsis*, sowie vor allem osmophile oder xerotolerantere Pilze wie *Wallemia sebi*, Vertreter der *Aspergillus glaucus*-Gruppe oder der Mucorales dominierten die Pilzflora. Vor allem in Proben mit hohen Pilzkeimzahlen wurden auch *Aspergillus niger* und in hohen Zahlen *Aspergillus fumigatus* nachgewiesen. Die nachgewiesene Lagerpilzflora entspricht den Erfahrungen aus anderen Studien (Kaspersson *et al.*, 1984, Undi *et al.*, 1997, Reboux *et al.*, 2006, Padamsee *et al.*, 2012).

Die statistische Auswertung der ermittelten Keimzahldaten zeigt für die verderbanzeigenden Mikroorganismen einen zumeist signifikanten Zusammenhang mit dem jeweiligen Erntetermin bzw. Aufwuchs (*Tabelle 4*) oder dem angewendeten Trocknungsverfahren (*Tabelle 4* sowie *Abbildungen 5* und *6*).

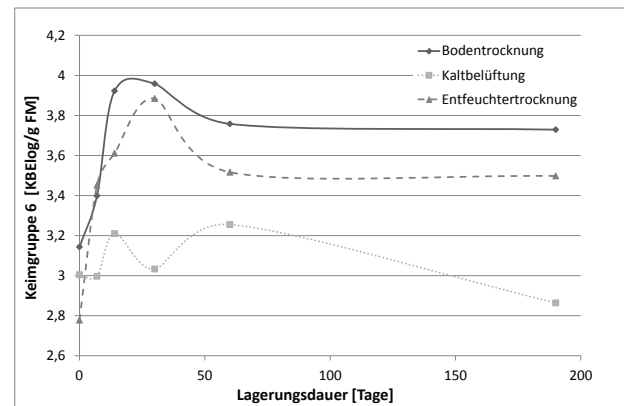
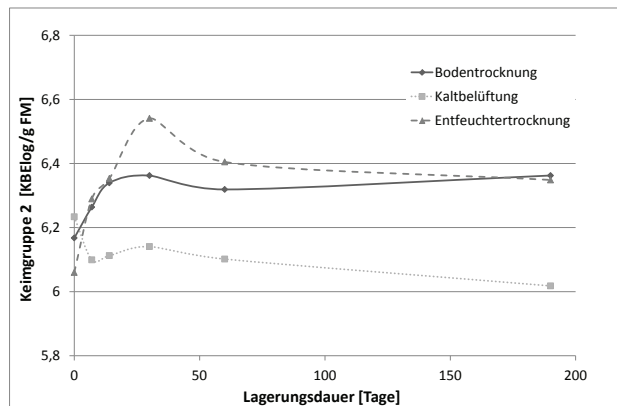


Abbildung 5: Gehalt an verderbanzeigenden Bakterien (KG 2) bzw. Mucorales (KG 6) im Heu 2010 bis 2012 aus verschiedenen Trocknungsverfahren und nach unterschiedlicher Lagerdauer

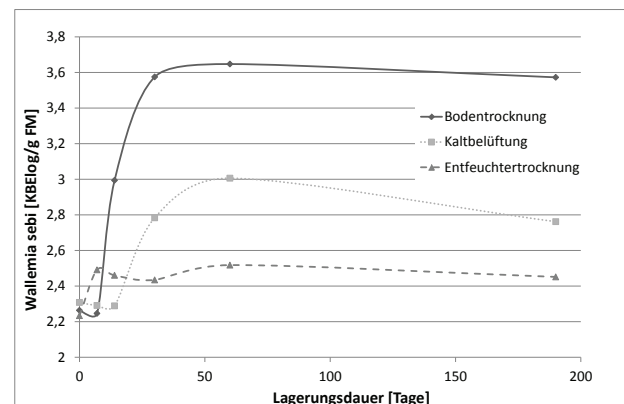
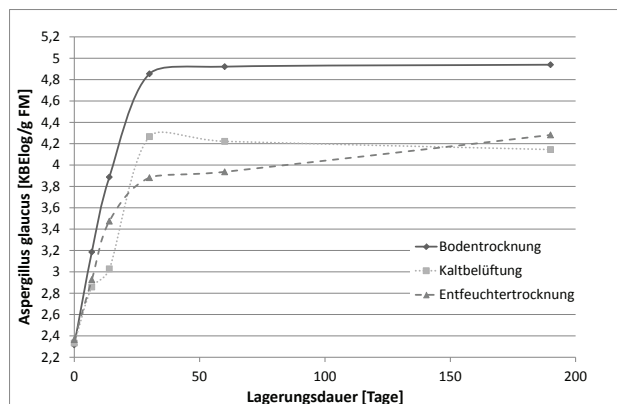


Abbildung 6: Gehalt an verderbanzeigenden Pilzen der *Aspergillus glaucus*-Gruppe und von *Wallemia sebi* im Heu 2010 bis 2012 aus verschiedenen Trocknungsverfahren und nach unterschiedlicher Lagerdauer

Vom dritten oder vierten Aufwuchs produziertes Heu weist im Verlauf der Lagerung durchwegs höhere Gehalte an Lagerpilzen auf als früher geerntetes Futter. Als Gründe für eine stärkere Verpilzung am Lager können Veränderungen in der Struktur der Futterpflanzen, die zu einem feineren und weicherem Pflanzengewebe mit einer geringeren Widerstandskraft gegen Lagerpilze führen, in Frage kommen. Ganz wesentlich dürfte aber vor allem eine höhere Luftfeuchtigkeit und damit eine geringere Trocknungsfähigkeit der Luft bei fortgeschrittenem Jahresverlauf zur stärkeren Verpilzung beitragen haben.

Außer im Kaltluft-getrockneten Heu nehmen die Gehalte der verderbanzeigenden Bakterien (KG 2) und Mucorales (KG 6) im Verlauf der Lagerung zu.

Nach Bodentrocknung sind im Heu durchschnittlich mindestens dreimal höhere (mehr als 0,5 log-Stufen) Gehalte an wichtigen verderbanzeigenden Pilzen festzustellen als bei Kaltbelüftung oder Entfeuchtungstrocknung. Die Daten zeigen, dass die dynamische Entwicklung der Keimzahlen von *Wallemia sebi* später eintritt als bei Pilzen der *Aspergillus glaucus*-Gruppe oder auch der Mucorales.

Die Untersuchungsergebnisse für Bodenheu vom 4. Aufwuchs 2010 (Tabelle 5) zeigen - in Zusammenhang mit der bereits weit fortgeschrittenen Vegetationsperiode - erhebliche Keimgehalte im eingebrachten Futter. Das Erntegut wurde für diese Variante mit einer Trockenmasse von etwa 67% eingelagert und einem allmählichen Rückgang der

Feldflora steht nicht unerwartet eine rasante Entwicklung der Lagerpilze gegenüber. Die festgestellten Gehalte der verderbanzeigenden Pilze sind nach 14 Tagen Lagerung als überhöht zu bewerten. Vertreter der *Aspergillus glaucus*-Gruppe und der Mucorales dominieren die Lagerpilzflora zu diesem Probenahmetermin, wobei die Entwicklung von *Wallemia sebi* den Aspergillusarten etwa eine Woche nachläuft. Im Verlauf der weiteren Lagerung kommt wohl im Zusammenhang mit dem hohen Wassergehalt des Heus auch *Aspergillus fumigatus* stark auf. Gegen Ende der Lagerung sind schließlich auch überhöhte Gehalte an verderbanzeigenden *Bazillus*-Arten (KG 2) festzustellen.

Kalt belüftetes Heu vom 4. Aufwuchs 2010 wurde vom selben Dauerwiesenbestand wie das Heu aus Bodentrocknung gewonnen und wies bei der Einfuhr wie dieses einen erheblichen Besatz an feldbürtigen Mikroorganismen auf (Tabelle 6).

Das Erntegut wurde mit einer Trockenmasse von etwa 66% eingelagert und anschließend belüftet, wodurch im Vergleich mit dem Bodenheu eine etwas stärkere Abfuhr von Wasser erreicht werden konnte. In diesem Falle steht dem allmählichen Rückgang der Feldflora eine etwas mäßigere Entwicklung der Lagerpilze gegenüber. Letztlich ist aber auch bei dieser Variante eine sichere Lagerung des Erntegutes nicht gewährleistet, und aus dem überhöhten Gehalt an Lagerpilzen ist ein fortgeschrittener Verderbnisprozess erkennbar.

Tabelle 5: Keimzahldynamik in Heu aus Bodentrocknung vom 4. Aufwuchs 2010 zu verschiedenen Probenahmeterminen (Einfuhr, nach 7 - 14 - 30 - 60 Tagen Lagerdauer sowie zu Fütterungsbeginn)

Jahr	Aufwuchs	Trocknung	Lagerdauer	KG 1	KG 2	KG 3	KG 4	KG 5	KG 6	KG 7
				Millionen KBE/g			Tausend KBE/g			
2010	4	Boden	Einfuhr	358	5,5	<0,1	2780	<1,0	20	240
2010	4	Boden	7 Tage	265	8	<0,1	840	38	12	290
2010	4	Boden	14 Tage	93	5,5	<0,1	730	1020	200	140
2010	4	Boden	30 Tage	134	5	<0,1	620	5160	100	130
2010	4	Boden	60 Tage	77	8,5	0,1	790	5710	80	175
2010	4	Boden	Fütterung	57	21	0,2	360	9550	750	450

Tabelle 6: Keimzahldynamik in kaltbelüftetem Heu vom 4. Aufwuchs 2010 zu verschiedenen Probenahmeterminen (Einfuhr, nach 7 - 14 - 30 - 60 Tagen Lagerdauer sowie zu Fütterungsbeginn)

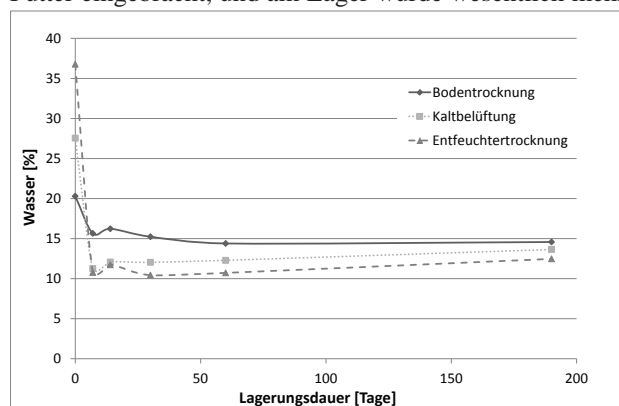
Jahr	Aufwuchs	Trocknung	Lagerdauer	KG 1	KG 2	KG 3	KG 4	KG 5	KG 6	KG 7
				Millionen KBE/g			Tausend KBE/g			
2010	4	Kalt	Einfuhr	393	6,5	<0,1	2620	<1,0	12,5	230
2010	4	Kalt	7 Tage	120	8,5	<0,1	1220	6,5	6,5	320
2010	4	Kalt	14 Tage	288	6,5	<0,1	1400	1,5	5	230
2010	4	Kalt	30 Tage	97	3,5	<0,1	660	482	3,5	160
2010	4	Kalt	60 Tage	58	2,0	<0,1	710	1680	9,0	170
2010	4	Kalt	Fütterung	24	11	<0,1	640	2200	2,5	105

Nur bei Heu, dem mittels Entfeuchtungstrocknung genügend Wasser entzogen werden konnte, ließ sich bei diesem Aufwuchs (2010/4) eine im mikrobiologischen Sinne sichere Lagerung erzielen.

Wassergehalt, Temperatur und Konservierung

Zu hohe Feuchtigkeitsgehalte im eingebrachten Futter in Verbindung mit ungenügender Trocknung unter Dach ist eine Hauptursache für hohe Keimbelastung im Heu und damit für mikrobiologisch bedingte Qualitätsverluste. Ein im Bodenheu festgestellter höherer durchschnittlicher Wassergehalt kann somit ein wichtiger Risikofaktor im Hinblick auf ein nachfolgendes starkes Aufkommen der Lagerflora und einen damit verbundenen späteren Verderb sein.

Abbildung 7 zeigt die Dynamik des Wassergehaltes der mit unterschiedlichen Trocknungsverfahren produzierten Heuchargen über den Verlauf der Lagerung hinweg. Bei der Variante mit Entfeuchtungstrocknung wurde feuchteres Futter eingebracht, und am Lager wurde wesentlich mehr

**Abbildung 7: Wassergehalt im Heu bei verschiedenen Trocknungsvarianten nach unterschiedlicher Lagerdauer (Durchschnitt Ernte 2010 bis 2012)**

Wasser (durchschnittlich etwa 27%) als bei den anderen Varianten abtransportiert. Umgekehrt erfolgte im Zuge der Bodentrocknung bereits am Feld eine stärkere Anwelkung des Futters, am Lager reduzierte sich der Wassergehalt nur mehr in geringerem Ausmaß. Im Durchschnitt wurde Bodenheu mit etwa 80% Trockenmasse eingebracht.

Bis zum Erreichen einer sicheren und stabilen Lagerfähigkeit des Futters bei einer Trockenmasse von mindestens etwa 85% waren daher immer noch erhebliche Wassermengen durch Verdunstung abzuführen - was aber nicht in allen Varianten erreicht werden konnte. Im Verlauf der gesamten Lagerdauer verblieb im Heu nach Bodentrocknung im Durchschnitt ein höherer Wassergehalt als bei belüftetem oder entfeuchtetem Futter (Abbildung 7).

Mittels Entfeuchtertrocknung wurden jeweils in den ersten Tagen der Lagerung die größten Wassermengen aus dem Heu abgeführt. Das Verfahren findet aber dann seine Grenze, wenn Futter mit einem zu geringen Trockenmassegehalt eingelagert wird: Futter vom 2. Aufwuchs 2010 wurde mit nur 43,4% TM eingebracht und binnen weniger Tage auf durchschnittlich 93% TM getrocknet. Das sehr dicht gepackte Material trocknete dabei allerdings nicht gleichmäßig, vielmehr bildeten sich eine Fülle kompakter, mehrere Dezimeter großer linsenförmiger Zonen erhöhter Feuchtigkeit, die erst allmählich Wasser abgaben. Diese kleinen dichtgepackten Zonen mit hohem Feuchtigkeitsgehalt genühten aber für eine intensive Entwicklung von Lagerpilzen und entsprechendem Futterverderb.

Je feuchter das Futter eingebracht wird, umso höhere Wassermengen müssen in der frühesten Phase der Lagerung durch Verdunstung oder durch unterstützende technische Maßnahmen (Kaltbelüftung, Entfeuchtertrocknung) abgeführt werden, um eine sichere Lagerung zu gewährleisten und mikrobiologisch bedingte Qualitätsminderung und Futterverderb zu verhindern. In Tabelle 7 werden die untersuchten Heuchargen jeder Trocknungsvariante nach aufsteigendem Wassergehalt zum Zeitpunkt der Einfuhr gereiht

Tabelle 7: Zusammenhang von Trockenmasse (%) im eingebrachten Futter je nach Trocknungsverfahren und ermittelter Qualitätsstufe im Heu im Verlauf der Lagerung (graue Markierung = QS IV)

Jahr/Aufwuchs	Bodentrocknung TM (%)	Jahr/Aufwuchs	Kaltbelüftung TM (%)	Jahr/Aufwuchs	Entfeuchtung TM (%)
2010/3	87,2	2012/2	77,8	2012/1	73,7*
2010/1	83,9*	2012/1	77,3	2011/2	71,1
2010/2	83,3	2011/2	75,7	2011/4	69,2
2011/2	83,0	2010/3	75,5	2012/3	67,0
2012/2	81,4	2012/3	74,7	2012/2	64,6
2012/1	80,2	2010/1	72,7	2010/4	64,0
2012/3	79,0	2011/4	72,7	2010/3	63,2
2011/4	78,8	2011/3	69,1	2010/1	61,9
2011/1	77,4	2011/1	67,7	2011/1	57,9
2011/3	75,6	2010/2	65,8	2011/3	54,8
2010/4	66,9	2010/4	65,6	2010/2	43,4

* Bei Bodenheu 2010/1 und bei Heu der Entfeuchtervariante 2012/1 haben primär andere Faktoren als der Wassergehalt im eingebrachten Futter zum Verderbsprozess beigetragen

und in Zusammenhang mit einer im Verlauf der weiteren Lagerung gegebenenfalls festgestellten mikrobiologisch bedingten Qualitätsminderung gebracht.

Heuvarianten mit überhöhten Keimgehalten als Indikator für einen fortgeschrittenen Verderbsprozess sind in der *Tabelle 7* grau markiert. Es ist deutlich zu erkennen, dass mit einem höheren Wassergehalt bei der Einfuhr das Risiko für einen späteren Futterm Verderb stark ansteigt. Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung zeigen, dass im Heu nach Bodentrocknung im Verlauf von drei Jahren in fünf von 11 geprüften Aufwüchsen überhöhte Keimgehalte (VDLUFA 28.1.4) festgestellt und damit das Futter als verdorben (Qualitätsstufe IV) eingestuft werden mussten. Bei Kaltbelüftung bzw. Entfeuchtertrocknung waren je zwei von 11 Aufwüchsen von Verderb betroffen. Vor Auswertung der Daten ist allerdings noch zu berücksichtigen, dass Bodenheu vom 1. Aufwuchs 2010 (2010/1) durch die feuchte Abluft von Heu aus der nahe gelegenen Luftentfeuchter-Box massiv beeinträchtigt wurde und sich damit nicht die der ursprünglichen Trockenmasse entsprechende Keimzahldynamik entwickeln konnte. Das Ergebnis für Bodenheu 2010/1 kann aus diesem Grunde nur bedingt in die weiteren Überlegungen einbezogen werden.

Auch ein weiteres Ergebnis bedarf einer kritischen Hinterfragung: Bei der Produktion von Heu der Variante Entfeuchtertrocknung 2012/1 führten mehrfach Stromausfälle zu einem Stillstand der Anlage und damit zu einem viel zu geringen Abtransport von Feuchtigkeit aus dem Lagergut. Zusätzlich dürften bei der Probenahme die Zonen erhöhter Feuchtigkeit und dem daraus resultierenden massiveren Keimbesatz einmal getroffen und ein andermal verfehlt worden sein, sodass die ermittelten Ergebnisse (sowohl der mikrobiologischen als auch der TM-Untersuchungen) einen übergroßen Streubereich zwischen den verschiedenen Probenahmeterminen aufweisen. In diesem Sinne wird auch Heu der Entfeuchter-Variante 2012/1 von den weiteren Überlegungen ausgeschlossen.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen lässt sich aus *Tabelle 7* sehr deutlich ablesen, dass unter den gegebenen technischen Möglichkeiten Bodenheu mit mehr als 20% Wassergehalt zum Zeitpunkt der Einfuhr auch unter Berücksichtigung einer weiteren Feuchtigkeitsabgabe am Lager nicht sicher gelagert werden kann. Einlagerung mit

höherer Feuchtigkeit bringt das massive Risiko eines nachfolgenden starken Aufkommens der Lagerflora und eines damit verbundenen späteren Verderbs mit sich. Ebenso zeigt die Auswertung die Grenzen für eine sichere Heulagerung bei Kaltbelüftung bei maximal 32% Wassergehalt und bei Entfeuchtertrocknung bei maximal etwa 45% Wassergehalt.

Diese Ergebnisse stehen für Bodenheu in Einklang mit der Erfahrung, dass auch gut und trocken eingebrachtes Heu oft noch 20 bis 25% Restfeuchtigkeit enthält (Buchgraber *et al.*, 1994). Bis zum Erreichen einer sicheren Lagerreife müssen dann noch erhebliche Wassermengen in möglichst kurzer Zeit verdunstet werden und erst ab einem Restfeuchtegehalt von etwa 14 bis 15% ist Raufutter schließlich auch über einen längeren Zeitraum lagerfähig (Wölk und Sarkar 1983, Buchgraber *et al.*, 1994).

Auch dieser Erfahrungswert kann durch die vorliegenden Versuchsergebnisse für Bodenheu bestätigt werden: Heu aus Bodentrocknung (Ernte 2010 bis 2012), das zu Fütterungsbeginn mit Qualitätsstufe I oder II bewertet wurde, wies je nach Erntetermin zum Zeitpunkt der Einlagerung zwar Wassergehalte von zunächst 12,8% bis immerhin 21,2% auf. Bereits nach einer Woche Lagerung wurden in den betreffenden Chargen aber nur mehr 8,6% bis maximal 14,6% Feuchte gemessen (und auch im Verlauf der nachfolgenden Lagermonate wurde ein durchschnittlicher Feuchtegehalt von etwa 15% nicht überschritten).

In Bodenheu, das zu Fütterungsbeginn als verdorben (QS IV) einzustufen war, waren dagegen auch nach einer Woche Lagerung noch immer mindestens etwa 18% bis 26% Wassergehalt festzustellen und im weiteren Lagerverlauf verblieb der Wassergehalt dieser Proben durchschnittlich über einer Marke von etwa 16%.

Kalt belüftetes Heu und Heu nach Entfeuchtertrocknung wiesen über alle drei Erntejahre hinweg nach spätestens einer Woche Lagerung meist einen Wassergehalt von unter 15% auf, ein Zusammenhang mit der mikrobiologischen Qualitätsbeurteilung konnte nicht festgestellt werden.

In *Tabelle 8* sind jene Keimgruppen als Verderbsindikatoren angeführt, deren Keimgehalt(e) den Orientierungswert für Heu um mehr als das 10-fache überschritten und somit dazu geführt haben, dass das Futter gemäß VDLUFA Orientierungswertschema als verdorben (QS IV) einzustufen ist.

Tabelle 8: Zusammenhang von Wassergehalt (%) im eingebrachten Futter, je nach Trocknungsverfahren, und dem Nachweis überhöhter Keimgehalte an unterschiedlichen Keimgruppen (KG) als Indikator für einen fortgeschrittenen Verderbsprozess (QS IV)

Jahr/ Aufwuchs	Trocknung Methode	TM (%)	Wasser (%)	Keimgruppen (KG) und wichtige Indikatorkeime als Verderbsanzeiger in verschiedenen Heuchargen
2010/1	Boden	83,9	16,1*	KG5 / KG6 (<i>A. glaucus</i> , <i>A. fumigatus</i> / Mucorales)
2012/3	Boden	79,0	21,0	KG5 / KG6 (<i>A. glaucus</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>A. niger</i> , <i>Wallemia</i> sp. / Mucorales)
2011/1	Boden	77,4	22,6	KG5 (<i>A. glaucus</i> , <i>Wallemia</i> sp.)
2011/3	Boden	75,6	24,4	KG2 / KG5 / KG6 (<i>Bacillus</i> sp. / <i>A. glaucus</i> , <i>A. fumigatus</i> / Mucorales)
2010/4	Boden	66,9	33,1	KG2 / KG5 / KG6 (<i>Bacillus</i> sp. / <i>A. glaucus</i> , <i>Penicillium</i> sp., <i>Wallemia</i> sp., <i>A. fumigatus</i> / Mucorales)
2010/2	Kaltluft	65,8	34,2	KG5 / KG6 (<i>A. glaucus</i> / Mucorales)
2010/4	Kaltluft	65,6	34,4	KG5 (<i>A. glaucus</i>)
2012/1	Entfeuchter	73,7	26,3*	KG5 / KG 6 (<i>A. glaucus</i> , <i>A. fumigatus</i> / Mucorales)
2010/2	Entfeuchter	43,4	56,6	KG2 / KG5 / KG6 / KG7 (<i>Bacillus</i> sp. / <i>A. glaucus</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>A. niger</i> / Mucorales / Hefen)

* Bei Bodenheu 2010/1 und bei Heu der Entfeuchtervariante 2012/1 haben primär andere Faktoren als der Wassergehalt im eingebrachten Futter zum Verderbsprozess beigetragen

Als wichtigste Indikatoren für einen beginnenden Verderbsprozess wurden Vertreter der *Aspergillus glaucus*-Gruppe festgestellt. In Heuchargen der Qualitätsstufe IV wurden meist *A. glaucus*-Vertreter als häufigste verderbanzeigende Pilze nachgewiesen. Diese Pilze waren dabei auch die frühesten Indikatoren für einen beginnenden Verderbsprozess - die dynamische Entwicklung ihrer Keimzahlen setzte bereits sowohl in einem sehr frühen Abschnitt der Lagerung als auch bei einem relativ geringeren Wassergehalt als bei anderen Pilzen ein. Weitere wichtige Verderbsindikatoren waren *Aspergillus fumigatus* und Vertreter der Mucorales.

Wallemia sp. wurde in hohen Keimzahlen (> 100.000 KBE je Gramm Heu) vor allem in Heuchargen aus Bodentrocknung festgestellt. In kalt belüftetem Heu war dieser Pilz als Verderbsindikator von geringerer Bedeutung, in der Heuvariante mit Entfeuchtertrocknung wurde *Wallemia* sp. nicht in relevanten Keimzahlen nachgewiesen. Überhöhte Gehalte an verderbanzeigenden Bakterien (vor allem *Bacillus* sp.) wurden nur in den für die jeweilige Trocknungsvariante am feuchtesten eingebrachten Heuchargen festgestellt. Erhöhte und überhöhte Hefekeimzahlen waren vor allem in der Heuvariante mit Entfeuchtertrocknung nachgewiesen.

Die VDLUFA-Orientierungswerte für Heu wurden unabhängig von Tierart und Alter der Tiere erstellt. Dies ist bei Verfütterung an empfindliche Tiere, wie etwa solche, die leicht auf Schimmelpilzsporen mit Atembeschwerden reagieren, zusätzlich zu berücksichtigen. Deshalb wird beispielsweise für die Verfütterung an Pferde im Allgemeinen Heu der Qualitätsstufe I, allenfalls der Qualitätsstufe II, empfohlen (VDLUFA 28.1.4). In der gegenständlichen Untersuchung wiesen zum Zeitpunkt des Fütterungsbeginns sechs Chargen von Bodenheu, acht Chargen von kaltbelüftetem Heu und ebenfalls sechs Chargen von Heu mit Entfeuchtertrocknung die Qualitätsstufe I oder II auf. Je eine Charge von kaltbelüftetem Heu und von Heu nach Entfeuchtertrocknung waren aufgrund erhöhter Keimgehalte an produkttypischen Pilzen (KG 4) in Qualitätsstufe III einzustufen. Nur bei Heu aus Entfeuchtertrocknung führten zweimal erhöhte Keimgehalte an verderbanzeigenden Pilzen (KG 5 und 6) und an Hefen (KG 7) zu einer Einstufung in Qualitätsstufe III.

Fazit

Der Besatz von frisch eingebrachtem Futter an produkttypischen Bakterien und Pilzen steigt im Verlauf einer Vegetationsperiode mit jedem Aufwuchs an. Während der Lagerung bis zum Fütterungsbeginn erfolgt dann eine signifikante Abnahme der Reliktflora dieser feldbürtigen Mikroorganismen.

Je feuchter das Futter eingebracht wird, umso höhere Wassermengen müssen abgeführt werden, um eine sichere Lagerung zu gewährleisten und mikrobiologisch bedingte Qualitätsminderung und Futterverderb zu verhindern. Mit einem höheren Wassergehalt bei der Einfuhr steigt das Risiko für ein starkes Aufkommen der Lagerflora und einen damit verbundenen Futterverderb stark an.

Im Hinblick auf Futterhygiene ist bei Bodenheu neben Schlechtwetterrisiko und der langen Erntezeitspanne auch zu bedenken, dass Wasser vom Heustock im Vergleich zu anderen Trocknungsverfahren langsamer und in geringerem Maße durch Verdunstung abgeführt wird. Das damit verbundene Verderbsrisiko wird durch die ermittelten Ergebnisse widerspiegelt: in fünf von 11 Aufwüchsen wurden überhöhte Keimgehalte und damit QS IV festgestellt. Bei Kaltbelüftung bzw. Entfeuchtertrocknung waren nur je zwei von 11 Aufwüchsen von Verderbsprozessen betroffen.

Grenzen für eine sichere Heulagerung: Abhängig vom gewählten Trocknungsverfahren hat sich der Wassergehalt des Futters bei der Einfuhr als limitierend für eine sichere Lagerung erwiesen. Unter den gegebenen technischen Möglichkeiten konnte Bodenheu mit maximal 20% Wassergehalt zum Zeitpunkt der Einfuhr, Heu aus Kaltbelüftung mit maximal 32% und Heu mit Entfeuchtertrocknung mit maximal etwa 45% Einfuhrfeuchte sicher gelagert werden. Lagerung mit einem höheren Wassergehalt führte durchwegs zu einem starken Aufkommen der Lagerflora und damit verbundenem späterem Futterverderb.

Bis zum tatsächlichen Erreichen einer sicheren Lagerreife müssen vom frisch eingelagerten Heu aber noch erhebliche Wassermengen in möglichst kurzer Zeit verdunstet werden. Es zeigte sich, dass Heu aus Bodentrocknung bereits nach einer Woche Lagerung nur mehr maximal 14,6% Wasser-

gehalt aufweisen durfte, um über einen längeren Zeitraum lagerfähig zu sein und zu Fütterungsbeginn mit Qualitätsstufe I oder II bewertet zu werden.

Mit Heubelüftung oder Entfeuchtertrocknung können auch kürzere Schönwetterperioden zur Ernte ausgenutzt werden. Durch den intensiveren Abtransport von Restfeuchte vom Heustock konnte im Versuch mit diesen Trocknungsverfahren das Risiko von Schimmelbefall und Futterverderb im Vergleich zu Bodenheu erheblich reduziert werden. Allerdings würde in der landwirtschaftlichen Praxis nicht zu jedem der im Versuch gewählten Erntetermine auch tatsächlich der Weg einer Heuproduktion mittels Bodentrocknung eingeschlagen worden sein - etwa kurz vor einer herannahenden Schlechtwetterfront.

Unter den im Zuge der Untersuchung gegebenen Verhältnissen wurde durch Kaltbelüftung im Vergleich zu den anderen Trocknungsverfahren der höchste Anteil von Heuchargen der besten Qualitätsstufen produziert: zum Zeitpunkt des Fütterungsbeginns wies Heu von acht der 11 geprüften Aufwüchse mit dieser Trocknungsvariante Qualitätsstufe I oder II auf. Im Vergleich dazu wurden je sechs Chargen von Bodenheu und von Heu nach Entfeuchtertrocknung in QS I oder II eingestuft.

Ein je höherer Wassergehalt des Futters bei der Einfuhr anfällt und je aufwändigere Technik eingesetzt wird, umso professionelleres Management ist erforderlich. Gerade bei der Produktion von Heu mittels Entfeuchtertrocknung führten bei einem Aufwuchs technische Probleme wiederholt zu einem Ausfall der Anlage, damit zu einem zu geringen Abtransport von Feuchtigkeit aus dem Lagergut und so letztlich zu Futterverderb.

Literatur

- Adler, A., 2002: Qualität von Futtermitteln und mikrobielle Kontamination. In Bericht: 8. Alpenländisches Expertenforum „Zeitgemäße Futtermittelherstellung“. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 17-25.
- Adler, A., Lew, H., 1995: Dynamik der epiphytischen Mikroflora auf Grünlandpflanzen im Zusammenhang mit verschiedenen Düngungsvarianten. Die Bodenkultur 46, 223-240.
- Albert, R. A., Huebner, B., Davis, L. W., 1989: Role of water activity in the spoilage of alfalfa hay. J. Dairy Sci. 72:2573 - 2581.
- Anacker, G., 2007: Mikrobiologische Belastung von Hauptfutterkomponenten - Ursache für Gesundheitsprobleme in Milchviehherden. Abschlussbericht, Themen-Nr.: 44.02.520/2006, Hrsg.: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Breton, A., Zwaenepoel, P., 1991: Succession of moist hay mycoflora during storage. Can. J. Microbiol. 37, 248-251.
- Bucher, E., Thalman, A., 2006: Mikrobiologische Untersuchung von Futtermitteln - Orientierungswerte zur Beurteilung der Unverdorbenheit. Feed Magazine (6) 16-23.
- Buchgraber, K., 2009: Qualitätsveränderungen bei der Lagerung von Silage und Heu. In Bericht: 15. Alpenländ. Expertenforum „Grundfutterqualität - aktuelle Ergebnisse und zukünftige Entwicklungen“, Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, 73-79.
- Buchgraber, K., Resch, R., Adler, A., 1996: Einfluss des Nutzungszeitpunktes bei der Silierung von Grünlandfutter. Veröff. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein 27, 1-38.
- Buchgraber, K., Gindl, G., Deutsch, A., 1994: Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung. Leopold Stocker Verlag, Graz.
- Campbell, R., 1985: Plant microbiology. Edw. Arnold Publ. Ltd., London.
- Dickinson, C. H., 1976: Fungi on the aerial surfaces of higher plants. In: Dickinson, C. H., Preece, T. F., (Eds.): Microbiology of aerial plant surfaces. Academic Press, London, 293-324.
- Fehrmann, E., Müller, Th., 1990: Jahresverlauf des epiphytischen Mikrobenbesatzes auf einem Graslandstandort. Das wirtschaftseigene Futter, 36, 66-78.
- Hlödversoon, R., Kaspersson, A., 1986: Nutrient losses during deterioration of hay in relation to changes in biochemical composition and microbial growth. Anim. Feed. Sci. Technol. 15, 149-165.
- Kaspersson, A., Hlödversoon, R., Palmgren, U., Lindgren, S., 1984: Microbial and biochemical changes occurring during deterioration of hay and preservative effect of urea. Swedish J. agric. Res. 14, 127-132.
- Kotimaa, M., 1990: Spore exposure arising from stored hay, grain and straw. J. Agricult. Sci. Finland, 62, 285-291.
- Lengauer, E., 1993: Die Mikroflora auf lebenden und abgestorbenen Pflanzenteilen, ihre Bedeutung und ihre Auswirkung. In: Mykotoxine in der landwirtschaftlichen Produktion (II). Aktuelle Probleme der landwirtschaftlichen Produktion. Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Agrarbiologie Linz, 21, 83-124.
- Lew, H., Adler, A., 1996: Mikrobielle Qualität von Grund- und Kraftfutter. Bericht über die 23. Tierzuchttagung „Futterbewertung und Futterqualität, Stoffwechsel und Gesundheit, Milchviehfütterung sowie alternative Formen der Rindermast“. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 29-38.
- McDonalds, P., Henderson, A. R., Heron, S. J. E., 1991: The biochemistry of silage. 2nd ed., Chalcombe Publications, Marlow, Bucks, UK.
- Nydegger, F., Wirleitner, G., 2009: Qualitätshu durch effektive und kostengünstige Belüftung. Der fortschrittliche Landwirt, Sonderbeilage „Heubelüftung“, Info 3/2009, 1-12.
- Padamsee, M., Kumar, T. K. A., Riley, R., Binder, M., Boyd, A., Calvo, A. M., Furukawa, K., Hesse, C., 2012: The genome of the xerotolerant mold *Wallemia sebi* reveals adaptations to osmotic stress and suggests cryptic sexual reproduction. Fungal Genetics and Biology, 49, 217-226.
- Reboux, G., Reiman, M., Roussel, S., Taattloa, K., Millon, L., Dalphin, J. C., Piarroux, R., 2006: Impact of agricultural practices on microbiology of hay, silage and flour on Finnish and French farms. Ann Agric Environ Med. 13, 267-73.
- Reiß, J., 1986: Schimmelpilze - Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung. Springer-Verl., Berlin.
- Strauß, G., Schoch, M., 2003: Veränderung der mikrobiologischen Heu- und Strohqualität in Rheinland-Pfalz. Kurzfassungen der Referate, 115. VDLUFA-Kongress, Saarbrücken, 152-153.
- Undi, M., Wittenberg, K. M., Holliday, N. J., 1997: Occurrence of fungal species in stored alfalfa forage as influenced by moisture content at baling and temperature during storage. Canadian J. Animal Sci., 77, 95-103.
- VDLUFA-Methode 3.1: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln - Feuchtigkeit. VDLUFA-Verlag, Darmstadt. Methodenbuch Band III, 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997.

- VDLUFA-Methode 28.1.2: Futtermitteluntersuchung - Bestimmung der Keimgehalte an aeroben, mesophilen Bakterien, Schimmel- und Schwärzepilzen und Hefen. VDLUFA-Verlag, Darmstadt. Methodenbuch III, 7. Erg. 2007.
- VDLUFA-Methode 28.1.4: Futtermitteluntersuchung - Verfahrensanweisung zur mikrobiologischen Qualitätsbeurteilung. VDLUFA-Verlag, Darmstadt. Methodenbuch III, 7. Erg. 2007.
- Wiedner, G., 2008: Futterhygiene bei Grund- und Kraftfuttermitteln, Erfahrungen aus der Praxis. 39-43. In: Tagungsband Fortbildung für Tierärzte, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 2008.
- Wilhelm, H. 1991: Futterkonservierung. Leopold Stocker Verlag, Graz.
- Wittenberg, K. M., 1997: Microbial and nutritive changes in forage during harvest and storage as hay. 265-270, Session 14. In: Proceedings XVIII International Grassland Congress, Canada, 1997.
- Wittenberg, K. M., Undi, M., Bossuyt, C., 1996: Establishing a feed value for moulded hay. *Animal Feed Science and Technology*, 60, 301-310.
- Wölk, M., Sarkar, S., 1983: Heustockselbstentzündungen von 1970 bis 1990 in Württemberg - ihre Ursache, Ausmaß des Schadens und Verhütungsmaßnahmen. *Das Wirtschaftseigene Futter*, 39, 228-235.
- Wyss, U., 2008: Grassilage und Heu - gute Qualität ernten. *Schweizer Landtechnik*, Juni/Juli 2008, 24-27.



Vergleich von Kapazität und Kosten verschiedener Unterdachtrocknungsverfahren

Franz Nydegger^{1*} und Gotthard Wirleitner²

Zusammenfassung

Die Milchproduktion ohne Einsatz von Silagen (Heumilch) erfordert qualitativ hochwertiges Dürrfutter. Die voralpinen Regionen sind bestens geeignet für die Grünland basierte Grundfutterproduktion. Allerdings sind der Bodentrocknung des Dürrfutters durch die Höhe und die Häufigkeit der in diesen Gebieten anfallenden Niederschläge enge Grenzen gesetzt. Dieses Wetterrisiko kann durch den Einsatz von Heubelüftungsanlagen, häufig zusätzlich ausgerüstet mit Sonnenkollektoren, Warmluftheizungen und/oder Luftentfeuchter wesentlich verringert werden. Auf Grund von Ergebnissen aus umfangreichen Versuchen erstellte Beratungsgrundlagen und Anwendungen dienen einer möglichst guten Auslegung und einem optimalen Betrieb der Anlagen. Ein Vergleich verschiedener Trocknungsverfahren basiert auf einer Dürrfutterproduktion für 60 Milchkühe. Es wird eine Belüftungsanlage mit einer Stockfläche von 2 * 150 m² und insgesamt 1400 m³ Lagervolumen vorausgesetzt. Die folgenden Verfahren werden verglichen:

Kaltbelüftung (KB), Stockfläche 2 * 150 m², 2 Ventilatoren

Belüftung ausgerüstet mit Sonnenkollektoren (Soko), Stockfläche 2 * 150 m², 2 Ventilatoren, Sonnenkollektoren 600 m²

Belüftung mit Luftentfeuchter kombiniert mit Sonnenkollektoren (LE+Soko),

Stockfläche 2 * 150 m², 2 Ventilatoren, Sonnenkollektoren 300 m²

Für jedes Verfahren werden die Trocknungskapazität, die Trocknungszeit, der Energiebedarf, der Investitionsbedarf und die Kosten berechnet.

Die Trocknungskosten lagen zwischen 55 h und 89 h. Der Wasserentzug bewegt sich zwischen 1.0 (Kaltbelüftung) und 1.9 (Luftentfeuchter) Gramm pro Kubikmeter Luftdurchsatz. Der Energiebedarf liegt zwischen 69 und 129 kWh pro Tonne Dürrfutter. Die Trocknungskosten werden durch die Zusatzgeräte um bis zu 57% erhöht. Verantwortlich dafür sind vor allem die im Vergleich berücksichtigten Kosten für Abschreibung, Zinsen und Reparaturen.

Schlagwörter: Heu-Trocknung, Solarenergie, Luftentfeuchter, Warmluftkollektoren

Summary

Farms with silage-free milk production are dependent upon high-quality dry forage. In areas close to the Alps, the production of field-dried forage is associated with substantial weather-related risks. For this reason, hay-ventilation facilities are in use. Solar collectors, air heaters and dehumidifiers are options for increasing drying power. Dimensioning of these components is very important for a successful and energy saving drying process.

Drying with unheated ambient air or with conditioned air by solar collectors, air heaters and dehumidifiers differs in terms of drying potential, drying time and drying costs. Specialized programs have been developed which are especially geared to advisers and planners, to aid in the planning of hay ventilation plants.

A comparison of the drying options is based on a hay production for 60 milking cows. The hay drying facilities comprises a drying area (2 * 150 m²) with slated floor, a total box-volume of 1400 m³ and fans. The following drying options are compared:

Ambient air drying (drying area 2 * 150 m², 2 fans)

Solar collector (drying area 2 * 150 m², 2 fans, solar collector 600 m²)

Solar collector and Dehumidifier (drying area 2 * 150 m², 2 fans, solar collector 300 m²)

For each option drying capacity, drying time, energy consumption, investments and costs are calculated using adequate software.

Drying time per drying load in hours varies between 55 h and 89 h roughly. Evaporation of water varies from 1.0 (ambient air) to 1.9 (dehumidifier) grams per cubic meter air flow rate. Energy consumption lies between 69 and 124 kWh per ton of dried hay. Total drying costs are increased by 57% by the options increasing drying capacity. This is mainly caused by costs for repayment, interest and repairs considered in this study.

Keywords: hay-drying, solar energy, dehumidifier, thermal air-collectors

¹ Agroscope, Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften, Tänikon 1, CH-8356 ETTENHAUSEN

² Initiative Heubelüftung, Am Pfaffenbühl 8, A-5201 SEEKIRCHEN

* Agro-Ing. HTL Franz NYDEGGER, franz.nydegger@agroscope.admin.ch

Einleitung

Das Interesse von Konsumentinnen und Konsumenten an regional und authentisch erzeugten gesunden Produkten steigt. Dies eröffnet Landwirten die Chance, dass sich ihre, durch ein Label gezeichnete Produkte, von der Massenware abheben, mit dem Ziel dadurch einen besseren Erlös und letztlich ein höheres Einkommen zu erzielen. Dazu ist die Produktion von Silage frei erzeugter Milch sogenannte „Heumilch“ eine Möglichkeit.

Zur Silage freien Milchproduktion ist in den meisten Gebieten Europas und speziell in den Alpen und Voralpenregionen eine Unterdachtrocknung (Heubelüftung) des Futters unumgänglich.

Heubelüftungsanlagen bestehen im Wesentlichen aus mindestens einer Heubox. Die Heubox ist in der Regel rechteckig, weist einen dichten Boden (ab ca. 50 m² bis ca. 200 m² Fläche) und dichte Seitenwände (ca. 5 m hoch) auf. In dieser Box befindet sich ein flächig aufgebauter Rost (ca. 50 cm über dem Boden) auf den das angewelkte, d.h. noch nicht ganz getrocknete Futter schichtweise eingebracht wird. Ein Ventilator bläst die Trocknungsluft unter den Rost. Die Luft strömt durch das Futter und nimmt dabei Wasser auf was zur Trocknung des Futters führt. Um die Trocknung zu beschleunigen können dem Ventilator Gerät wie Sonnenkollektoren (Dachabsaugungen), Luftentfeuchter und Warmluftregister vorgeschaltet werden.

Wie solche Anlagen fachgerecht geplant und betrieben werden ist in den Richtlinien zur Belüftungstrocknung dargestellt.

Damit die Heubelüftung zum Erfolg führt, ist es wichtig bereits bei der Planung Grundlegendes zu beachten und insbesondere den Unterschieden des Verfahrens im Vergleich zur Silage Bereitung Rechnung zu tragen. Einer der kritischsten Punkte ist die Notwendigkeit einer wesentlich stärkeren Vortrocknung des Futters (Anwelken) auf dem Feld vor dem Einbringen. Weiter gilt es die Trocknungskapazität einer Belüftungsanlage richtig einzuschätzen und nicht zuletzt auch die für die Anlage notwendigen Investitionen und die durch den Betrieb entstehenden Kosten im Auge zu behalten.

Material und Methoden

Trocknungskapazität

Wassergehalt des Futters

Das auf die Belüftungsanlage eingebrachte Futter enthält je nach Anwelkgrad auf dem Felde grosse Mengen Wasser (Abbildung 1). Bei einer Einfuhrfeuchte von 40% (60% Trockenmassegehalt) z.B. müssen pro Tonne lagertrockenes Heu (87% TM) 450 kg Wasser entzogen werden. Dies muss vor allem beim Umstellen von Silagebereitung auf Heubelüftung beachtet werden. Bei einem für die Silierung optimalen Feuchtegehalt des Futters von 65% (35% Trockenmassegehalt) enthält die Silage pro Tonne Trockenmasse Heu noch rund 1.5 t Wasser zu viel. Beim unbedingt notwendigen weiteren Anwelken bis rund 40% Feuchtegehalt muss also zusätzlich eine Tonne Wasser verdunstet werden.

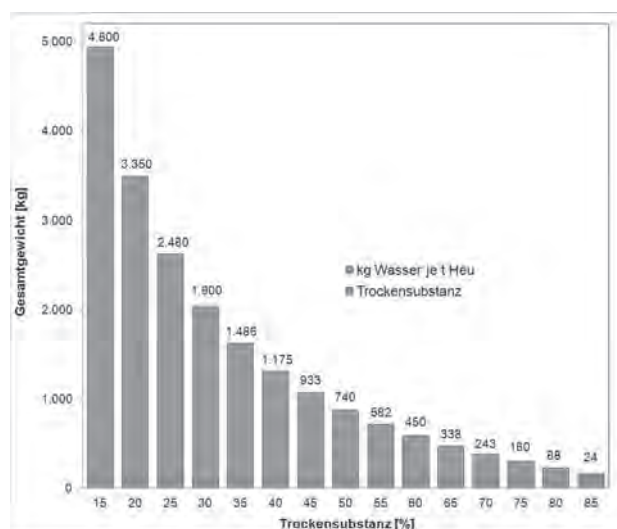


Abbildung 1: Abzutrocknende Wassermenge

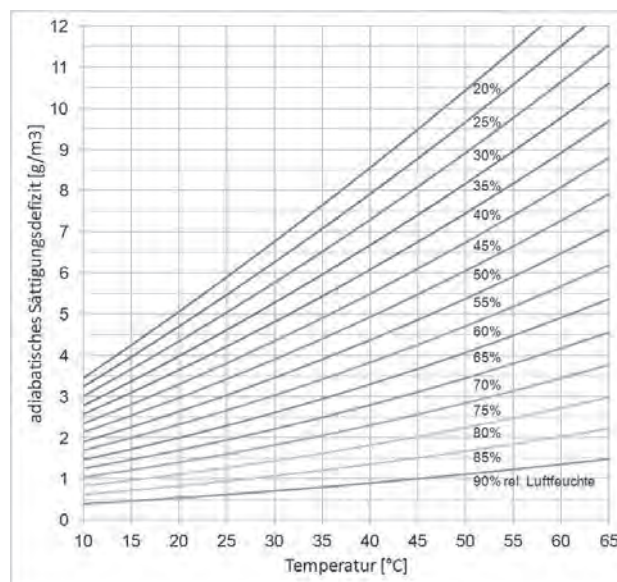


Abbildung 2: Das adiabatische Sättigungsdefizit berücksichtigt die Abkühlung der Trocknungsluft beim Trocknungsvorgang.

Wasseraufnahmevermögen der Luft

Das Wasseraufnahmevermögen der Luft (Sättigungsdefizit) ist abhängig von der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und in geringerem Masse dem Luftdruck. Der Trocknungsverlauf führt zu einer Abkühlung der Luft. Dieser Effekt wird im adiabatischen Sättigungsdefizit berücksichtigt (Abbildung 2). Die Berechnung wird mit einer nichtlinearen Regression vereinfacht.

Feuchtegleichgewicht

Trocknung erfolgt dann, wenn der Wasserdampfdruck des Trockengutes jenen der Luft übersteigt. Bei gleichem Wasserdampfdruck von Trockengut und Luft erfolgt keine Trocknung mehr. Durch Erwärmung steigt die Dampfdruckdifferenz und damit die Trocknungsgeschwindigkeit. Bei porösem Material erschweren feine Kapillaren die Trock-

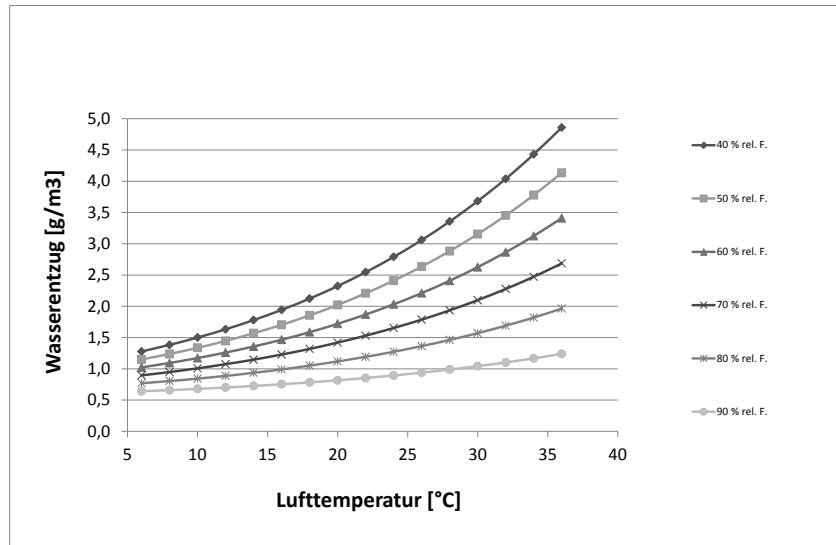


Abbildung 3: Wasserentzug in g/m³ Luft bei 60% TM (nach Baumgartner)

nung. Für jedes Trockengut lässt sich der, für eine Temperatur geltende Gleichgewichtszustand zwischen der relativen Feuchtigkeit der Luft und derjenigen des Trockenguts experimentell oder angenähert auch rechnerisch bestimmen und als „Sorptionsisotherme“ darstellen. Zum Trocknen von Heu auf Lagerfähigkeit von 12 bis 13% Wassergehalt muss die relative Luftfeuchtigkeit 45 bis 50% unterschritten werden. Ein Belüften unterhalb des Gleichgewichts führt demnach zu keiner Trocknung. Feuchte Luft kann sogar bereits trockenes Material wieder anfeuchten, allerdings nicht mehr entsprechend den Gleichgewichtswerten bei der Trocknung.

Wasserentzug

In langjährigen Versuchen der Forschungsanstalt Tänikon sowie in Versuchen am Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein konnten die Abhängigkeit des Wasserentzuges vom Wasseraufnahmevermögen der Luft und dem Trockenmassegehalt des aufgezeigt werden.

Berechnung des Wasserentzuges nach Baumgartner:

- A = Sättigungsdefizit der Trocknungsluft in g/m³
- B = TM-Gehalt des Futters in %
- C = Wasserentzug in g/m³
- $C = 2.972 + 0.1754 * A - 0.04095 * B$

Tabelle 1: Berechnungen zur Einfuhrmenge

Futterfläche	FF	ha
TM pro ha	TM _{ha}	kg/ha
Flächenertrag TM Heu	TM _F	kg = FF*TM/ha
TM Anfang	H	kg = TM _F /(1-TM _E /100)
TM End	TM _A	% = TM _F /F _A *100
Wasserlast		= FF*TM _{ha} /(TM _F /(1-TM _E /100)+S*WL)*100
Stock	TM _E	%
WL-Stock	WL	kg/m²
Futter Anfang	S	m²
Trocknungszeit Charge tragbar	WL _s	kg = WL*S
	FA	kg = H+WL _s
	Z _T	h = TMF/(1-TM _E /100)+S*WL
		= (Z _T /75)*(WL _s /65)<1.255

Die Berechnung des Wasserentzuges in der verwendeten Software erfolgt mit Hilfe des adiabatischen Sättigungsdefizites und eines, insbesondere vom Trockenmassegehalt des Futters abhängigen Ausnutzungsgrades des Sättigungsdefizites. Die Berechnung berücksichtigt dadurch die in Abbildung 3 (Wasserentzug) für einen Fall (60% TM) dargestellte Abhängigkeit vom Trockenmassegehalt des Futters.

Trocknungszeit (-dauer)

Für die Trocknungsdauer einer Futtercharge sind die abzutrocknende Wassermenge, der Wasserentzug pro Kubikmeter geförderte Luft und der Luftdurchsatz des Ventilators massgebend.

Angesichts der relativ geringen Wassermengen die pro Kubikmeter Luft entzogen werden (0 bis ca. 3 g/m³), sind grosse Luftdurchsätze der Ventilatoren gefordert. Für eine Stockgrundfläche von 100 m² werden 0.11 m³/m²*s oder rund 40 000 m³/h empfohlen (s. Richtlinien zur Belüftungstrocknung).

Die Berechnung Trocknungsdauer basiert somit auf den Werten, abzutrocknendes Wasser, Wasserentzug pro Kubikmeter Trocknungsluft und Luftdurchsatz des Ventilators pro Stunde.

Wasserlast

Aus FAT-Versuchen (FAT-Berichte 168, 1980) geht hervor, dass bei Kaltbelüftung beim erstmaligen Einfüllen die im Futter enthaltene Wassermenge nicht mehr als 50 Kilogramm Wasser pro m² Stockfläche betragen soll. Dieser Wert, Wasserdeckel oder Wasserlast genannt, zur Beurteilung der zulässigen Chargengrösse kann bei Verfahren mit Luftentfeuchtern oder Warmluftöfen entsprechend dem erzeugten höheren Sättigungsdefizit höher angesetzt werden. Bei Anlagen mit Sonnenkollektoren (Dachabsaugung) mit einer üblichen d.h. rund doppelt so grossen Kollektorfläche wie Belüftungsfläche kann mit rund 60 kg/m² und bei Luftentfeuchteranlagen mit einer doppelt so hohen Kompressorwie Ventilator Leistung mit rund 55 kg/m² gerechnet werden.

Energiebedarf

Der Energiebedarf errechnet sich aus der Stromaufnahme des Ventilators bei einem mittleren Betriebspunkt der Anlage sowie der Trocknungsdauer. Beim Betriebspunkt erzeugt der Ventilator eine Druckerhöhung, die den Druckverlust der Anlage genau kompensiert. Der tatsächliche Volumenstrom durch den Heustock ist daher durch den Betriebspunkt bestimmt. Ein dem Ventilator vorgeschaltetes Gerät (Sonnenkollektor, Luftentfeuchter oder Wärmeregister) erhöht den Druckverlust der Anlage, verschiebt also den Betriebspunkt. Zur Einhaltung des notwendigen Luftdurchsatzes ist deshalb eine entsprechend höhere Antriebsleistung des Ventilators notwendig. Bei Anlagen mit Luftentfeuchter ist zusätzlich der Energiebedarf des Luftentfeuchters zu berücksichtigen.

Für den optimalen Betrieb werden häufig Frequenzumwandler und automatische Prozess-Steuerungen eingesetzt.

Einführmenge

Die Einführmenge muss sich immer nach der Trocknungskapazität der Belüftungsanlage richten. Dies ist ein entscheidender Unterschied des Verfahrens Heubelüftung zum Verfahren Silage. Bei der Silage-Bereitung ist in erster Linie das vorhandene Volumen der Hoch- oder Flachsilos sowie die Schlagkraft der Erntekette massgebend dafür wie viel Futter an einem Tag eingebracht werden kann.

Bei der Heubelüftung kann ein „Überladen“ der Anlage zu einer starken Verlängerung des Trocknungsprozesses und allenfalls zu grossen Futterverlusten und entsprechendem Mehraufwand führen.

Für die Abschätzung der maximalen Einführmenge ist die sogenannte „Wasserlast“ hilfreich. Dieser Wert (kg Wasser pro m² Stockfläche) multipliziert mit der zur Verfügung stehenden Stockfläche ergibt die maximal einzuführende Wassermenge. Ein weiteres Kriterium ist die Trocknungsdauer.

Damit die Anlage nicht überladen wird, können die maximale Einführmenge (FA) sowie der minimale Trockenmassegehalt beim Einführen (TMA) ausgehend von der Schnittfläche (FF), dem Trockenmasse Ertrag pro ha (TMha), der Heustockfläche (S), dem Trockenmassegehalt nach der Trocknung (TME) und der maximalen Wasserlast (WL) des Verfahrens berechnet werden (s. *Tabelle 1*).

Bei Berücksichtigung der Trocknungsdauer als Kriterium für die mögliche Einführmenge kann auch berechnet werden, ob eine Charge für die Anlage tragbar ist. Sie ist dann tragbar, wenn die *Tabelle 1* dargestellte Bedingung unter Berücksichtigung der Trocknungszeit und der Wasserlast erfüllt ist.

Verfahrenvergleich

Der Verfahrenvergleich stützt sich auf die oben beschriebenen Grundlagen ab.

Die Berechnungen erfolgen auf Grund eines Beispielbetriebes mit 60 Milchkühen, silofreier Winterfütterung von 170 Tagen.

Bei einer Ration von 17 kg Trockenmasse (TM) Dürrfutter pro Kuh und Tag ergibt sich ein Dürrfutterbedarf von rund 170 Tonnen Trockenmasse pro Jahr. Dies entspricht bei einem Wiesenertrag von 9 Tonnen TM pro Hektar rund 19 Hektar Wiesland.

Der eingesetzte Wiesenertrag fällt üblicherweise mit 35% im ersten, 30% im zweiten, 20% im dritten und 15% im vierten Schnitt an (Agridea Betriebsplanung 2010) an. Anlagen müssen in erster Linie auf den ersten Schnitt ausgelegt werden. Im Vergleich wird deshalb vereinfachend von neun Chargen mit je einem Drittel des Ertrages ausgegangen. Daraus ergibt sich eine Chargengrösse von rund 32 Tonnen Frischmasse mit 60% Trockenmassegehalt. Dies setzt eine Heubelüftungsfläche von 300 m² mit einem Stockvolumen von rund 1400 m³ bei einer maximalen Füllhöhe von fünf Metern voraus.

Tabelle 2: Investitionsbedarf Trocknungsanlagen

Anlage Kalt-Belüftung, 300 m ²	m ²	€
2 Kaltbelüftung, zu 150 m ²	300	30.000
Arbeit	300	30.000
2 Ventilatoren	300	30.000
<i>Anlagepreis Komplett</i>		<i>90.000</i>
Anlage Soko-Belüftung, 300 m ²		
2 Kaltbelüftung, zu 150 m ²	300	30.000
Arbeit	300	30.000
2 Soko für 300 m ² Stockfläche	600	15.000
2 Ventilatoren	300	30.000
<i>Anlagepreis Komplett</i>		<i>105.000</i>
Anlage Luftentfeuchter-Soko-Belüftung, 300 m ²		
2 Kaltbelüftung, 150 m ²	300	30.000
Arbeit	300	30.000
1 Soko für 150 m ² Stockfläche	300	7.500
1 Ventilator	150	15.000
1 Luftentfeuchter	150	52.500
<i>Anlagepreis Komplett</i>		<i>135.000</i>

Berechnete Verfahren

Für die Trocknung kommen die folgenden Verfahren zum Einsatz:

- Kaltbelüftung (KB)
- Belüftung ausgerüstet mit Sonnenkollektoren (Soko)
- Belüftung mit Luftentfeuchter kombiniert mit Sonnenkollektoren (LE+Soko)

Bei den Varianten KB und Soko wird die ganze Stockfläche von 300 m², also beide Heustöcke gleichzeitig beschickt und mit je einem Ventilator betrieben.

Die Variante Soko wird in 75% der Laufzeit mit Soko und 25% als Kaltbelüftung betrieben. Dies trägt dem Umstand Rechnung, dass auch Zeiten ohne Sonnenschein überbrückt werden müssen.

Bei LE+Soko ergänzen sich LE und Soko, sie werden zu je 50% betrieben. Es steht ein Ventilator zur Verfügung, der jeweils einen der beiden Heustöcke belüftet. Mit Hilfe von Klappen wird einerseits zwischen Sonnenkollektor und Luftentfeuchter und andererseits zwischen den Stöcken umgeschaltet.

Alle Anlagen sind mit einer automatischen Steuerung ausgerüstet.

Die Berechnungen erfolgen mit Excel-Anwendungen der Autoren. In die Anwendungen sind die Ergebnisse aus den Versuchen der Forschungsanstalt Tänikon und dem Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein eingeflossen.

Bau und Investitionsbedarf für die Verfahren

Für den Vergleich wird der Investitionsbedarf für die direkt dem Verfahren zuzuordnenden Bauteile und Geräte berücksichtigt (*Tabelle 2*). Dies sind die Belüftungsboxen, der Sonnenkollektor, der Luftentfeuchter, die Steuerungen der Geräte und der Ventilator respektive die Ventilatoren. Weiter berücksichtigt ist der Arbeitsaufwand für den Bau

Tabelle 3: Trocknungsdauer, Energieverbrauch und Energiekosten

Parameter	Einheit	KB	Soko	LE-Soko
Einführmasse frisch pro Charge	kg	31.636	31.636	31.636
Trockenmassegehalt frisch	%	60	60	60
Heu (Trockenmassegehalt 87%)	kg	21.818	21.818	21.818
abgetrocknetes Wasser	kg	9.818	9.818	9.818
Motorleistung Ventilator	kW	17,6	23,4	14,4
Motorleistung LE	kW			32
Motorleistung mix	kW			30,4
Wasserentzug	g/m ³	1,0	1,5	1,9
Volumenstrom	m ³ /h	118.800	118.800	59.400
Strömungswiderstand im Mittel*	Pa	288	383	473
Wasserentzug	kg/h	119	178	113
Trocknungsdauer	h	86	55	89
Energieverbrauch total	kWh	1.513	1.283	2.716
Energieverbrauch Luftentfeuchter	kWh			1.427
Energieverbrauch pro kg entzogenes Wasser	kWh/kg H ₂ O	0,154	0,131	0,277
Energieverbrauch pro kg Heu	kWh/kg Heu	0,069	0,059	0,124
Energiepreis	€/kWh	0,16	0,16	0,16
Energiekosten	€	242	205	435
Energiekosten pro kg entzogenes Wasser	€/kg H ₂ O	0,025	0,021	0,044
Energiekosten pro kg Heu	€/kg Heu	0,011	0,009	0,020
Jahreskosten pro kg TM ohne Energie	€	0,48	0,56	0,72
Jahreskosten pro kg TM mit Energie	€	0,60	0,65	0,94
Jahreskosten pro kg Heu mit Energie	€	0,53	0,58	0,83

* bei 3 m Stockhöhe

der Anlage und die Montage der Geräte. Für die Berechnung der Jahreskosten wurde mit den folgenden Sätzen gerechnet:

Amortisation	5,00%
Zins	2,50%
Reparatur	1,50%
Versicherung	0,20%

Die Angaben basieren auf Schätzungen von lokalen unabhängiger Berater der Region Salzburg.

Ergebnisse und Diskussion

Trocknungsdauer, Energieverbrauch und Kosten

Die Berechnungen zu Trocknungsdauer, Energieverbrauch und Energiekosten sind in *Tabelle 3* zusammengestellt. Bei allen drei Verfahren wird eine Charge von 31.636 kg Futter mit einem Trockenmassegehalt von 60% eingeführt und auf 87% Trockenmassegehalt getrocknet. Auf Grund der unterschiedlichen Vorschaltgeräte (Sonnenkollektoren und Luftentfeuchter) tritt bei den Verfahren Soko mit 383 Pa und beim Verfahren LE-Soko mit 473 Pa ein, gegenüber dem Verfahren KB höherer Strömungswiderstand auf damit der notwendige Volumenstrom von 118.800 m³/h respektive 59.400 m³/h erreicht wird. Entsprechend liegt die Motorleistung des Ventilators beim Verfahren Soko bei 23 kW, dagegen beim LE-Soko nur bei 14 kW auf Grund der in diesem Falle nur halb so grossen aktiven Belüftungsfläche.

Die Motorleistung des LE beträgt 32 kW. Da dieser jedoch nur zu 50% der Belüftungszeit, d.h. bei schlechten Wetter-situationen und nachts in Betrieb ist, beträgt die mittlere Motorleistung rund 30 kW. Die berechneten Wasserentzugswerte zeigen die Unterschiede in der Trocknungska-

pazität der Verfahren auf und führen zu den unterschiedlichen Trocknungszeiten (Trocknungsdauer).

Die Verfahren KB und Soko mit gleichzeitiger Belüftung der ganzen Stockfläche weisen Trocknungsdauern von 86 h respektive 55 h aus. Es zeigt sich, dass auf Grund der Belüftung von nur einer Box von zwei vorhandenen die Trocknungsdauer beim Verfahren LE-Soko ca. gleich hoch ausfällt wie bei KB. Der wichtige Unterschied besteht aber darin, dass diese Trocknungsdauer praktisch wetterunabhängig ist. Deutliche Unterschiede treten beim Energieverbrauch auf. Am günstigsten steht das Verfahren Soko mit 1.283 kWh da, wogegen die Variante LE-Soko mit 2.716 kWh am meisten elektrische Energie benötigt.

Dies wirkt sich auch auf den Energieverbrauch pro kg entzogenes Wasser, pro kg Heu und die Energiekosten aus. Es zeigt sich wie in früheren ähnlichen Berechnungen auch, dass das Verfahren Soko in Bezug auf die Energiekosten pro kg Heu und pro kg entzogenes Wasser das günstigste Verfahren darstellt. Für einen objektiven Vergleich ist es weiter notwendig die Investitionen und die daraus resultierenden Jahreskosten zu berücksichtigen. Unter den aufgeführten Annahmen ergeben sich Jahreskosten (ohne Energie) pro kg Trockenmasse von € 0,48 bei KB über € 0,56 bei Soko bis € 0,72 bei LE-Soko. Unter Einbezug des notwendigen Energiebedarfes steigen die Jahreskosten pro kg Trockenmasse auf € 0,60 bis € 0,94. Die Differenz von € 0,34 zwischen den Verfahren KB und LE-Soko ist der Preis der für die grössere Produktionssicherheit und die geringere Wetterabhängigkeit bezahlt werden muss.

Maximale Einfuhrmenge und minimaler Trockenmassegehalt

Für die im Vergleich angenommene Situation kann auch die maximale Wasserlast für die zur Verfügung stehende Belüftungsfläche und daraus die maximale Einfuhrmenge pro Charge und der dabei zulässige minimale Trockenmassegehalt berechnet werden. Bei der KB beträgt die maximale Charge rund 36.800 kg mit mindestens 51,5% TM, bei den Varianten Soko rund 39.800 kg mit mindestens 47,7% TM und bei LE-Soko rund 31.700 kg mit 59,8% TM. Ein Vergleich mit den Annahmen in *Tabelle 3* zeigt, dass sowohl bei den Varianten KB als auch Soko noch eine Reserve in Bezug auf die Wasserlast besteht, wogegen diese bei LE-Soko bereits ausgereizt ist.

Fazit

Mit Hilfe der aufgeführten Grundlagen und Informationen zur betrieblichen Situation ist es möglich eine Schätzung der Trocknungskapazität und der Kosten verschiedener Trocknungsverfahren vorzunehmen. Je besser die Einfuhrmasse und der TM-Gehalt des eingeführten Futters geschätzt

werden kann, desto genauer ist auch die Berechnung der Trocknungsdauer und der Trocknungskosten möglich.

Die grösste Unsicherheit besteht bei der Einschätzung des Wettereinflusses auf den Trocknungsfortschritt besonders bei der Kaltbelüftung und etwas weniger beim Einsatz von Sonnenkollektoren. Geräte zur Konditionierung der Luft (Luftentfeuchter, Warmluftöfen etc.) können diese Unsicherheit wesentlich verringern.

Dabei sind allerdings die zusätzlichen Kosten nicht zu vernachlässigen. Der Vergleich zeigt, dass durch die Belüftung der gesamten Heustockfläche sowohl bei Kaltbelüftung als auch bei Sonnenkollektoren genügend kurze Trocknungsdauern erreichbar sind.

Beim Einsatz von Luftentfeuchtern wird in der Regel nicht die ganze Stockfläche gleichzeitig belüftet. Gründe dafür sind z.B. der hohe Investitionsbedarf und hohe notwendige elektrische Anschlusswerte. Wichtig ist auch die grosse Wetterunabhängigkeit des Verfahrens und dadurch die Möglichkeit Stöcke zeitlich gestaffelt zu belüften.

Die Kombination von Sonnenkollektoren und Luftentfeuchter ermöglicht eine effiziente Belüftung mit hohen

Entzugswerten bei günstigen Wetterbedingungen durch den Sonnenkollektor. Gleichzeitig steht mit dem Luftentfeuchter ein Gerät zur Verfügung zur Sicherstellung der Trocknung bei ungünstigen Wetterbedingungen.

Literatur

Richtlinien zur Belüftungstrocknung von Heu, 2014

Wirleitner, G., 2010: Qualitätsheu durch energieeffiziente Technik.

Baumgartner, J., 1991: Die Heubelüftung von A-Z, FAT-Berichte 406.

Nydegger, F., 1991: Sonnenkollektoren für die Heubelüftung, FAT-Berichte 407.

Baumgartner, J., 1989: Heu- und Maistrocknung mit Luftentfeuchter-Wärmepumpe, FAT-Berichte 370.

Weingartmann, H., 1989: Solarenergie bei der Unterdachtrocknung von Welkheu, ÖKL Landtechnische Schriftenreihe 149.

Baumgartner, J., 1987: Heu- und Maistrocknung mit Wärmepumpe, FAT-Berichte 324.

Baumgartner, J., 1980: Die Heubelüftung optimal bedienen, FAT-Berichte 168.

Netz bayerischer Pilotbetriebe/Praxisbetriebe mit hofeigener Heubelüftungsanlage

Susanne Jakschitz-Wild¹* und Stefan Thurner¹

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts „Erzeugung von hochwertigem Grundfutter in hofeigenen Heubelüftungsanlagen“ soll ein PilotbetriebeNetzwerk in Bayern aufgebaut und der Wissenstransfer zum Thema Heubelüftung in die Praxis vorangetrieben werden. Ziel des Projekts ist das Sammeln und Erstellen einer belastbaren Datengrundlage zu den Umsetzungsmöglichkeiten einer hofeigenen Heubelüftungsanlage. Damit soll erreicht werden, dass das Grundfutter effizienter genutzt wird, vor allem im Hinblick auf das heimisch erzeugte Futtereweiß. Der Wissenstransfer soll zu den Punkten Technik, Ökonomik und Verfahrensablauf mittels Beratungsempfehlungen die in Form von Flyern oder im Internet zur Verfügung gestellt werden sowie über Informationsveranstaltungen an den Betrieben durchgeführt werden. Bei den bisher besichtigten 35 Heubelüftungsanlagen setzen alle Betriebe, die keine kostengünstige Abwärme von z.B. einem biogasbetriebenen BHKW nutzen können, die solare Luftanwärmung über eine Unterdachabsaugung ein und kombinieren dies mit einem Entfeuchter für die effiziente Belüftung über Nacht. Sofern Abwärme in der Regel über Kraft-Wärme-Kopplung zur Verfügung steht, wird die Außenluft über einen Wärmetauscher angewärmt und mittels Radiallüfter in den Heustock oder zu den Heuballen geblasen. Generell ist bei den Lüftern und Entfeuchtern auf eine hohe Effizienz zu achten, da in Bayern die Strompreise relativ hoch sind. Die Qualität des Belüftungsheus aus dem Jahr 2013 liegt trotz der witterungsbedingt sehr schwierigen Erntebedingungen auf einem guten Niveau. Bemerkenswert ist der niedrige mikrobielle Besatz.

Summary

In the frame of the research project „production of high value roughage with on farm hay drying systems“ a network of Bavarian pilot farms should be established. Furthermore, knowledge transfer to farmers about the topic efficient hay drying will be pushed. The aim of the project is to collect and establish a resilient data base about different ways to implement on farm hay drying systems. This should lead the way to a more efficient use of roughage with a special focus on regional produced protein. Knowledge transfer about the topics technology, economy and procedure of on farm hay drying systems will be done via advisory recommendations using flyers, internet pages and field days at the pilot farms.

So far 35 farms were visited, whereof all that do not have cheap waste heat e.g. from a biogas driven combined heat and power plant use solar heating of the drying air in combination with a dehumidifier for an efficient drying during night hours. Provided that waste heat from a combined heat and power plant is available, the air will be heated by and heat exchanger using a radial ventilator to transport the air into the hay box or hay bale. Generally it is necessary to use high energy efficient ventilators and dehumidifiers, because in Bavaria the electricity tariff is relatively high. In 2013 the quality of the Bavarian dried hay was despite the difficult climatic conditions during harvesting times on a good level. Remarkably was the low microbial biofilm.

Einleitung

Der Import von v.a. Sojaprotein aus Übersee für die Fütterung von Nutztieren wird zunehmend kritisch gesehen. Vor allem im Bereich der Rinderfütterung ist Sojaextraktionsschrot nicht zwingend für eine ausgeglichene Ration notwendig und kann vollständig durch heimisch erzeugten Rapsextraktionsschrot oder noch besser durch hochwertiges Grundfutter ersetzt werden. Ein Weg zu einer höheren Grundfutterleistung ist der Einsatz von getrockneten Grasprodukten.



Seit Anfang 2013 ist daher am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft im Zuge des Aktionsprogramms **Aufbruch Bayern** die Bayerische Eiweißinitiative angesiedelt.



Das Ziel der Initiative zur „Verbesserung der Eiweißeffizienz aus heimischer Landwirtschaft“ ist es, neben Forschungsprojekten zum Einsatz von heimischen Eiweißträgern auch den Wissenstransfer über den Einsatz von heimischen Eiweißträgern in die Praxis zu verbessern.

Zielsetzung

Ziel des Projektes zur „Erzeugung von hochwertigem Grundfutter in hofeigenen Heubelüftungsanlagen“ ist das Sammeln und Erstellen einer belastbaren Datengrundlage für die verschiedenen Umsetzungsmöglichkeiten des Produktionsverfahrens „hofeigenes Belüftungsheu“ und

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT), Vöttinger Straße 36, D-85354 FREISING

* DI Susanne JAKSCHITZ-WILD, susanne.jakschitz-wild@lfl.bayern.de

damit für die effizientere Nutzung des vorhandenen heimischen Futtereiweißes. Der Wissenstransfer soll durch die Ausarbeitung von praxisnahen Beratungshilfen und -empfehlungen den Interessenten, vorrangig Milchviehhaltern, zu den Schwerpunkten Stand der Technik, Ökonomik und Futtergewinnung erfolgen.

Material und Methode

Mit der Auswahl von technisch unterschiedlich ausgestatteten Pilotbetrieben aus allen sieben Regierungsbezirken Bayerns soll die Effektivität und Effizienz verschiedener Belüftungstechnik-Lösungen dokumentiert werden. Auf diesen Betrieben soll exemplarisch die Qualität, die Quantität, der Energieverbrauch und der Arbeitsaufwand des Produktionsverfahrens „hofeigenes Belüftungsheu“ ermittelt werden. Durch den Aufbau einer Datenbank nach Schwerpunkten sollen interaktiv die vielfältigen Beziehungen zwischen den Interessensteilhabern und den Wissensschwerpunkten Technik, Wirtschaftlichkeit und den verschiedenen Aspekten des qualitativ hochwertigen Grundfutters Belüftungsheu hergestellt und gepflegt werden.

Vor- und Nachteile des Produktionsverfahrens Belüftungsheu

Die Einbringung des Heus unter Dach erfolgt bei einem Soll-Trockenmassegehalt von ca. 60%. Das ist oft mit einer sogenannten „einsonnigen“ Ernte möglich. Das heißt, das Erntegut wird einen Tag lang an der Sonne vorgetrocknet, so dass möglichst viel Wasser entzogen wird. Durch die kurze Feldliegezeit kann das Risiko von Seiten des Wetters reduziert werden. Aufgrund der somit verkürzten Erntedauer im Vergleich zum Bodenheu können optimale Bedingungen bezüglich Bodenfeuchte und Befahrbarkeit des Bodens (Bodenverdichtung und Futtermittelverschmutzung) auch bei kurzen Erntefenstern besser umgesetzt werden. Die Mahd von Grünlandbeständen erfolgt für Belüftungsheu ähnlich wie bei Silage in einem frühen Entwicklungsstadium von Ende Schossen bis Beginn Ährenschieben, wodurch niedrigere Rohfaser (XF)-Gehalte und gleichzeitig höhere Rohprotein (XP)-Gehalte erzielt werden können, was wiederum einen höheren Gehalt an pansenstabilem Rohprotein (UDP) bedeutet.

Ein Trockenmassegehalt bei der Werbung von ca. 60% bedeutet, dass das Heu oder das Grummet nicht so stark getrocknet wurde, dass Blüten- und Blattteile vom Trockengut abfallen oder abbröckeln. Erst ab einem Trockenmassegehalt von mehr als 60% steigen die Bröckelverluste bei weiteren mechanischen Eingriffen sehr stark an. Weniger Bröckelverluste ergeben einen höheren „realisierten“ Ertrag/ha und steigern die XP-Gehalte. Ein weiterer Vorteil der Belüftung, wir gehen weitgehend von Warmbelüftung aus, ist der Erhalt der ätherischen Öle und der lichtempfindlichen Farbstoffe. Das Futter bewahrt seinen angenehmen Geruch und ist deutlich geringer mit Schimmelpilzen belastet als Bodenheu. Daher wird es sehr gerne gefressen, was höhere Futteraufnahmen bei Milchkühen

belegen. Da Belüftungsheu sehr gering mit sporenbildenden Bakterien belastet ist, finden sich solche geringen Keimbelastungen auch in der Milch. Die Vorteile der Verwendung von Heumilch besonders in der traditionellen Hartkäseherstellung sind bekannt. Dem gegenüber stehen allerdings hohe Investitionskosten für die Errichtung von Bergehallen und die notwendige technische Ausstattung. Meist ist die Belüftungsfläche der limitierende Faktor und die Erntemenge muss darauf abgestimmt werden. Das heißt, dass pro Schnitt meist zwei- bis dreimal gemäht werden muss, was einen hohen Arbeitszeitaufwand für die Ernte bedeutet.

Heubelüftung - Technische Umsetzung am Betrieb

In Bayern wurden im Rahmen des Projekts bisher 35 Betriebe besichtigt, die eine Heubelüftung planen oder bereits umgesetzt haben. Die unterschiedlichen regionalen und baulichen Gegebenheiten bedingen eine Vielzahl an technischen Lösungen zur Umsetzung einer hofeigenen Heubelüftungsanlage. So gibt es einige Betriebe, die Milchvieh halten, eine Biogasanlage betreiben und trotzdem oder gerade deswegen auf Belüftungsheu umstellen möchten. Allen gemeinsam ist der Wunsch nach einer effizienteren Nutzung des eigenen Grünlandes. Je nach Region ist die Dichte der Betriebe mit hofeigener Belüftungsanlage sehr unterschiedlich. Die meisten Anlagen stehen in den Voralpenregionen der Regierungsbezirke Schwaben, Oberbayern und Niederbayern.

Lüfter

Allen Betrieben gemeinsam ist der Bedarf an einer den Anforderungen entsprechenden Belüftungstechnik. Abhängig vom Belüftungsverfahren, der Schlagkräftigkeit und der durchschnittlichen Zusammensetzung des Grundfutters ist die Art und Leistungsfähigkeit der Ventilatoren (*Abbildung 1*) zu wählen. Hier kommen immer Radialventilatoren zum Einsatz. Die verschiedenen Bauarten, wie einseitig oder doppelseitig saugend, mit unterschiedlichen Lamellenwinkeln oder

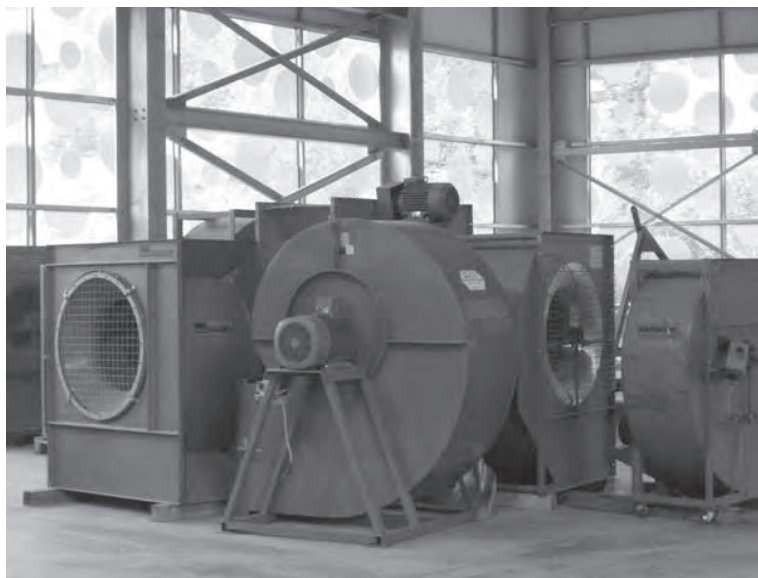


Abbildung 1: Verschiedene Radialventilatoren



Abbildung 2: Luftkollektoren auf der Trocknungshalle der LfL

-ausführungen, haben verschiedene Einsatzgebiete. Je nach Anforderung wird mehr Volumenstrom/Luftgeschwindigkeit oder mehr Druckstabilität benötigt. Es werden keine Axialventilatoren (wie bei Stallbelüftung üblich) verwendet, da im Gegensatz zum Radialventilator beim Axialventilator bei niedriger Drehzahl der Luftstrom des Gebläses abreißt; das bedeutet, es wird keine Luft mehr transportiert. Der Radialventilator wird mit Hilfe eines Frequenzumformers (FU) so dimensioniert, dass auch bei geringer Gebläsedrehzahl (je geringer die Motordrehzahl, desto geringer der Stromverbrauch) noch genügend Luft transportiert wird, um z.B. bei relativ locker gelagertem Belüftungsheu mit bereits hohem Trockensubstanzanteil in der Box, das keinem zu großen Gegendruck standhält, noch trocknen zu können. Bei den Belüftungsverfahren im speziellen unterscheiden wir hauptsächlich zwei weitverbreitete Verfahren: die Boxenbelüftung und das Rundballen-Verfahren. Beide Verfahren können mit unterschiedlichen Belüftungsvarianten umgesetzt werden: Belüftung mittels solar angewärmter Luft, Warmbelüftung mittels Warmluftöfen oder Abwärmernutzung oder Belüftung mittels entfeuchteter Luft. Im Folgenden werden kurz die wichtigsten Unterschiede der genannten Belüftungsvarianten erläutert und auf bayerische Besonderheiten hingewiesen.

Warmbelüftung

Belüftung mit solar angewärmter Luft

Unter Fotovoltaik-Paneeelen aber auch unter jeder Dachhaut fällt bei entsprechender Tageszeit und Witterung Wärme an, die zur Erwärmung der Belüftungsluft und dadurch zur Verbesserung der Feuchtigkeitsaufnahme der Luft, die durch das Belüftungsgut geführt wird, genutzt werden kann. Zur starken Nutzung der Dachflächenwärme gibt es auch Solarkollektoren, die für diesen Zweck hochleistend konzipiert wurden. Durch diese Module mit einer sehr hohen Wärmetauscher-Oberfläche (Abbildung 2) können z.B. die Kosten für die Trocknung verschiedener Erntegüter an der Landesanstalt für Landwirtschaft erheblich gesenkt werden.

In der Praxis wird Unterdach-Absaugung meist wie folgt umgesetzt: An der Stirnseite der Bergehalle wird durch Lufteinlässe die Luft angesaugt, unter der Dachhaut entlang bis zum Sammelkanal mit passender Geschwindigkeit geführt, um sich zu erwärmen und über den Sammelkanal wird die erwärmte Luft schließlich weiter zum Lüfter geleitet (Abbildung 3).

Die solare Luftanwärmung sollte in jeder Heubelüftungsanlage genutzt werden, sofern nicht sehr günstig alternative Abwärme genutzt werden kann. Daher finden wir in den meisten bayerischen Anlagen Unterdachabsaugungen zur Luftanwärmung.

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Einige von uns besichtigte bayerische Betriebe mit hofeigener Heubelüftung arbeiten mit einer Kombination von Unterdachabsaugung und einer Kraftwärmekopplung (KWK), wie schematisch anhand einer Rundballenbelüftungsanlage dargestellt (Abbildung 4).

Dazu wird die nutzbare Wärme eines Block-Heiz-Kraft-Werkes (BHKW) oder auch eines Notstromaggregats genutzt, um die Zuluft zu erwärmen. Damit wird das Sättigungsdefizit der Belüftungsluft erhöht und somit die Wasseraufnahmekapazität gesteigert und die Trocknungszeit verkürzt. Die Vorteile einer kürzeren Trocknungszeit



Abbildung 3: Schema einer Unterdachabsaugung bei Pfettendächern

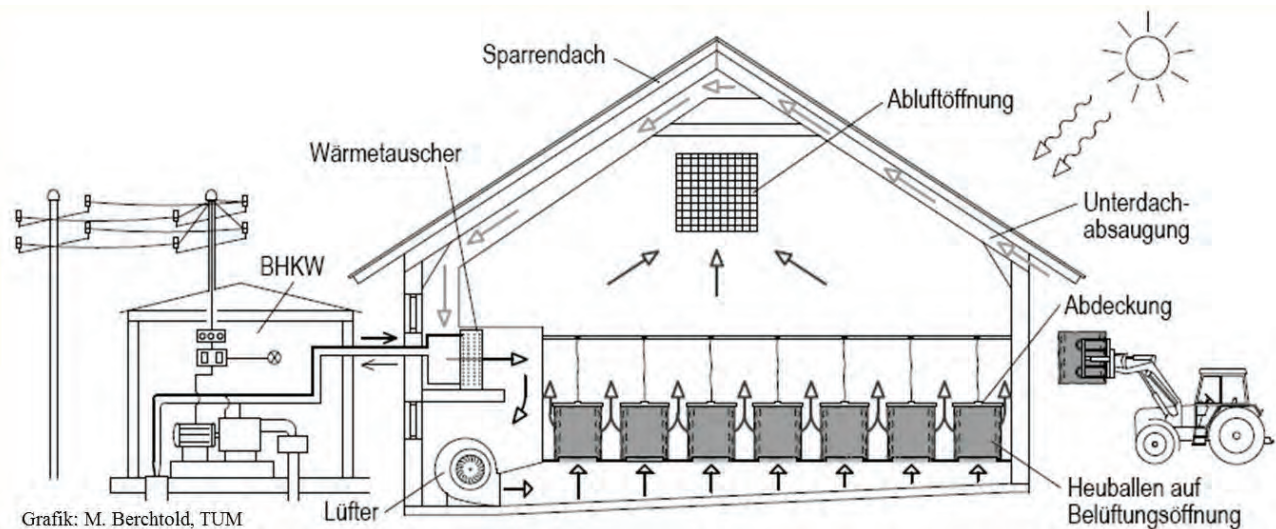


Abbildung 4: Schema Kraft-Wärme-Kopplung mit einer Rundballen-Belüftung

bis zum Erreichen der Lagerfähigkeit von 88% Trockensubstanz (TS) liegen in einer höheren Futterqualität durch schnelleres Konservieren der Inhaltsstoffe, einem schnelleren Entzug der Feuchtigkeit die für die Bildung von z.B. verderbanzeigenden Schimmelpilzen verantwortlich ist und in einer erhöhten Schlagkraft. Trotzdem sollte die Belüftungsluft nicht über 45°C erwärmt werden. Wissenschaftliche Untersuchungen zur maximalen Temperatur der Belüftungsluft in Abhängigkeit vom Trocknungsgut und der Gutfeuchte, bei der noch keine Eiweißschädigung (sogenannte Maillard-Reaktion) erfolgt, sind für das laufende Jahr vorgesehen.

In Bayern sind derzeit 2.330 Biogasanlagen in Betrieb, davon 736 mit KWK. Es ist wirtschaftlich sinnvoll, die anfallende Abwärme von Biogas betriebenen Motoren gerade im Sommer z.B. für die Belüftung und Trocknung zu nutzen. In der Praxis wird die benötigte Wärme mit einem halben bis einem Heizöl-Äquivalent angesetzt. Ein kg Heizöl entspricht ca. 10 kWh. Der Verlauf der Heizölpreise

ist in *Abbildung 7* dargestellt. Über einen Wärmetauscher mit einem Zulauf von bis zu 85°C heißem Wasser wird die Frischluft angewärmt. Der Wärmetauscher besteht aus einem verzinkten Blechrahmen mit Kupferkapillarrohren mit Aluminium Lamellen und wird meist über DIN Flansche mit den Vor- und Rücklaufrohren verbunden (*Abbildung 5*).

Er arbeitet im Gegenstromprinzip - die Flussrichtung des zuströmenden Heißwassers läuft gegen die Luftrichtung. So ist ein maximaler Wärmeübertrag auf die Belüftungsluft gewährleistet. Das meist frequenzgesteuerte Radialgebläse saugt Umgebungsluft durch den Wärmetauscher und drückt dann die Warmluft in den Luftkanal. Auf dem besuchten Betrieb wurden in 24 Stunden 16 Rundballen Luzernegras auf zwei umgebauten Wägen (Anhänger) mit flexiblem Schlausystem und Zwischenring getrocknet. Der Vorlauf betrug zwischen 60 und 65°C bei einer Wärmeleistung des BHKW von 300 kWh. Die Anschlussleistung des Lüfters betrug 12 kWel. Die Trocknung wird für Rundballen, Hackschnitzel und Getreide genutzt.

Die Wagen stehen unter einem Pultdach. Oft werden auch U-förmige Kammern aus Beton oder umgebaute Fahrhilfen, die vollflächig befahrbar sind, zur Belüftung-Trocknung genutzt. Es muss immer darauf geachtet werden, dass durch bauliche Maßnahmen die feuchte Abluft gut abziehen kann, bevor sie am Gebäude kondensiert. Ein Stau der feuchten Luft über dem Trockengut führt nicht nur langfristig zu Schäden an der Bausubstanz sondern auch zu Tropfwasserschäden am Belüftungsgut.

Unabhängig von der Wärmequelle, ob Biogas betriebenes BHKW, Hackschnitzelheizung oder hackschnitzelbetriebener Holzvergaser (*Abbildung 6*), ist das Prinzip das Selbe.

Wer keine Biogasanlage betreibt, aber Hackschnitzel verheizen oder vergasen kann, wird bei großem Wärmemengenbedarf diese Variante interessant finden.

Eine schematische Darstellung, wie ein Holzgas-Verbrennungsmotor funktioniert, findet



Abbildung 5: Wärmetauscher und Radiallüfter mit KWK-Nutzung



Abbildung 6: Holzgas-Verbrennungsmotor, Firmendarstellung

man z.B. unter: http://www.holz-kraft.de/images/pdfs/Spanner_Holz-Kraft-Anlagen_1208.pdf

Ein kg Hackschnitzel mit einer Trockensubstanz von 85-90% wird mit rund 4 kWh_{th} angesetzt. In Oberbayern sind uns derzeit zwei Heubelüftungs-Betriebe mit dieser Technik bekannt.

Im Vergleich zu Heizöl verläuft die Preisentwicklung pro MWh für Hackschnitzel in den vergangenen neun Jahren nur leicht steigend und in den letzten drei Jahren stabil.

Wärmepumpen-Wärmetauscher „Entfeuchter“

Am Häufigsten ist auf bayerischen Betrieben die Kombination Unterdachabsaugung und Entfeuchtung der Belüftungsluft mit einer Wärmepumpen-Wärmetauscher-Entfeuchtungsanlage anzutreffen. Das Prinzip folgt dem Schema in *Abbildung 4*. An der Stelle des Wärmetauschers tritt der Wärmepumpen-Wärmetauscher. Die zu entfeuchtende Luft tritt durch den Verdampfer, wobei die Luft abgekühlt wird und dabei Wasserdampf ausfällt. Die abgekühlte Luft wird über den Kompressor durch den Kondensator gesaugt und dabei wieder angewärmt (*Abbildung 8*). Damit steigt das Sättigungsdefizit der Belüftungsluft, bevor sie wieder über den Lüfter in den Belüftungskanal befördert wird.

Durch eine geschickte Klappenführung für Umluft- oder unter Dach vorgewärmte Aussenluft wird die Effizienz des Entfeuchters optimiert und damit werden die Stromkosten gesenkt.



Abbildung 8: Luftführung durch den Wärmepumpen-Wärmetauscher (Entfeuchter)

Die Stromkosten in den deutschsprachigen Ländern sind teilweise erheblich unterschiedlich. Für Deutschland soll die nachfolgende Darstellung (*Abbildung 9*) einen Überblick über die Entwicklung der Strompreise für Privathaushalte und die Landwirtschaft in den vergangenen Jahren aufzeigen.

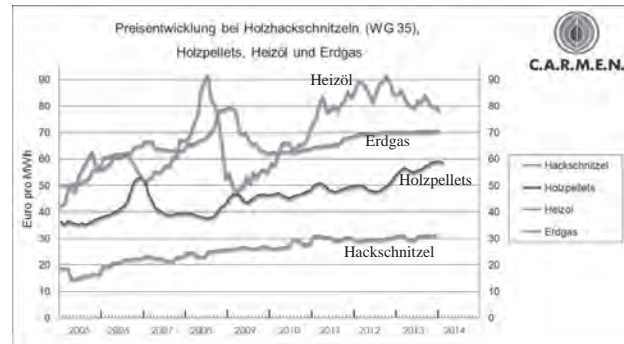


Abbildung 7: Preisentwicklung von Hackschnitzeln, Holzpellets, Heizöl und Erdgas seit 2005

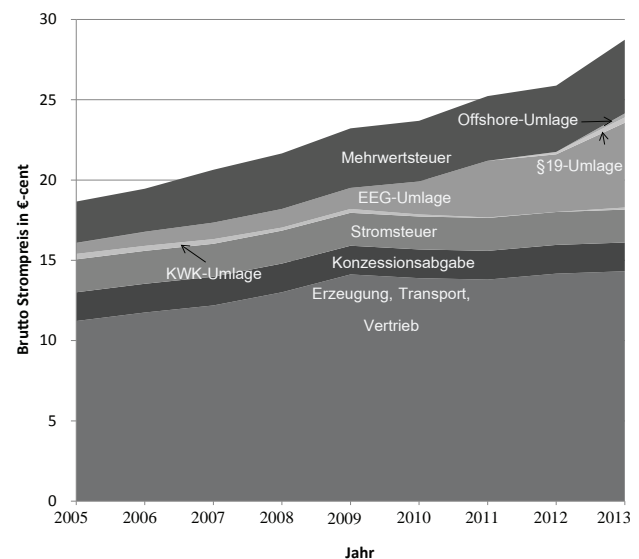


Abbildung 9: Strompreisentwicklung in Deutschland (Privathaushalt mit 3500 kWh Jahresverbrauch; Preise für die Landwirtschaft sind nur geringfügig niedriger und enthalten ebenfalls die angegebenen Kostenelemente)



Abbildung 10: Notstromaggregat, Firmendarstellung

Der Unterschied zu den deutschsprachigen Nachbarländern besteht im verhältnismäßig hohen Anteil der KWK- und EEG-Umlage.

Um die benötigte Strom-Anschlussleistung zu erhalten und um zusätzlich Wärme für die Belüftung zur Verfügung zu haben, entscheiden sich einige bayerische Betriebe für ein zusätzliches Notstrom-Aggregat (*Abbildung 10*).

Tabelle 1: Durchschnittliche Wetterdaten für Freising 2013

Freising, 2013 Monat	Temp. (2 m) Ø °C	Wind Ø m/s	Niederschlag Σ mm	Blattnässe Ø %	Luftfeuchte Ø %	Sonnenstunden Σ h	Vegetationstage T Ø >=5°C
Mai	11,40	1,30	133,2	45	81	145	31
Juni	15,30	1,10	159,6	50	79	195	30
Juli	19,70	1,10	17,2	29	67	316	31
August	17,80	1,00	99,7	42	75	259	31
September	13,20	1,10	90,0	47	83	143	30
Oktober	9,40	0,80	69,5	55	87	101	28
Mittelwert	14,47	1,07	17,2	44,67	78,67	193,17	30,17

Tabelle 2: Mittelwerte Belüftungsheu 2013, n=17

Inhaltsstoff	Mittelwert/Median	Standardabw.	Orientierungswert
Nutzbares Rohprotein (nXP)	133 g/kg TM	±10,2 g/kg TM	126-135 g/kg TM*
NettoEnergie Laktation (NEL)	6,0 MJ NEL	±0,5 MJ NEL	5,69-5,87 MJ NEL*
Ruminale Stickstoffbilanz (RNB)	-0,29 g/kg TM	±3,1 g/kg TM	-1 bis 2 g/kg TM*
Rohasche (XA)	79 g/kg TM	±17,5 g/kg TM	<100 g/kg TM***
Bakterien (v.a. Gelbkeime)	1,39x10 ⁶ KBE/g	(Median)	<3,0x10 ⁷ KBE/g**
Hefen	50 KBE/g	(Median)	<1,5x10 ⁵ KBE/g**
Verderbanzeig. Schimmelpilze	3,0x10 ² KBE/g	(Median)	<1,0x10 ⁵ KBE/g**

* Gruber Futterwerttabelle, 35. Auflage / 2012, S. 64

** VDLUFA 2011

*** Dr. W. Richardt, LKS mbH, Lichtenwalde, 2013

Aus Brand- und Immissionsschutzgründen muss es in Bayern eingehaust werden.

Da in den verschiedenen Regionen die Wetter- und Niederschlagswerte unterschiedlich sind, haben wir exemplarisch eine Aufstellung für Freising mit den wichtigsten agrarmeteorologischen Werten, die die Heuernte betreffen, zusammengestellt:

Daraus wird ersichtlich, dass eine qualitativ hochwertige Heu- oder Grummeternte über alle Schnitte ohne technische Hilfsmittel schwierig wird. Besonders der erste Schnitt im Mai/Juni wird mit einer hofeigenen Belüftungsanlage deutlich besser gelingen. Ebenso der letzte Schnitt im Oktober, der durch hohe Luftfeuchtigkeit und niedrige Temperaturen geprägt ist, bedarf einer Unterdachtrocknung.

Qualität des bayerischen Belüftungsheus im Jahr 2013

Die Heuproben wurden teilweise mit einem am Institut für Landtechnik und Tierhaltung überarbeiteten und weiterentwickelten, speziellen Heustock- und einem Rundballenstecher auf elf Betrieben in sechs Regionen Bayerns (ohne Oberpfalz) gezogen und am LKV und an der TUM untersucht.

Die durchgeführten Heuproben (Gras und Klee gras; Luzern gras bisher drei Proben, daher nicht dargestellt) wiesen

folgende Qualitäten bezüglich der mittleren Inhaltsstoffe und Keimbelastung über alle Schnitte (Schnitt 1 bis 4) für das Jahr 2013 auf (Tabelle 2).

Die Rohproteinwerte lagen beim 1. Schnitt im Mittel knapp unter dem Orientierungswert von 126 g/kg TM und für den 2. und die Folgeschnitte im Mittel genau beim Zielwert von 135 g/kg TM. Die Energiewerte dagegen lagen bei allen Schnitten über den Zielwerten für unter Dach getrocknetes Heu. Die Mediane für den mikrobiellen Besatz fallen niedrig aus und lagen auch im Maximum deutlich unter den Orientierungswerten.

Quellenverzeichnis

Abbildung 6 Online Bildquelle verfügbar unter: http://www.holz-kraft.de/images/pdfs/Spanner_Holz-Kraft-Anlagen_1208.pdf; zuletzt aufgerufen am 19.03.2014.

Abbildung 7 Online Quelle verfügbar unter: <http://www.carmen-ev.de/infothek/preisindizes/hackschnitzel/graphiken>; zuletzt aufgerufen am 19.03.2014.

Abbildung 9 Online Quelle verfügbar unter: <http://de.wikipedia.org/wiki/Strompreis>; zuletzt aufgerufen am 18.03.2014.

Abbildung 10 Firmendarstellung aus Informationsbroschüre der Firma Zordan S.r.l.

Vergleichende Bewertung von Heu- und Grassilage hinsichtlich ausgewählter Inhaltsstoffe

Karl Buchgraber^{1*}

Hatte der Futterkonservierer im Grünland vor dem Jahr 1950 in Österreich nur die Möglichkeit der Boden- und Gerüst-trocknung des Grünlandfutters, so boten sich ab diesem Zeitraum immer mehr technische Möglichkeiten zur Silierung des Futters. Vom Hoch- und Tiefsilo zum Fahrsilo, zur Siloplatte und seit rund 20 Jahren zur Ballensilage. Gleichzeitig hat man neben dieser Ausstattung am Betrieb auch an der Realisierung einer kostengünstigen und effizienten Unterdach-trocknung gearbeitet. Beide Verfahrenssysteme „Heu“ und „Silage“ wurden wissenschaftlich bearbeitet, die entscheidenden Verfahrensschritte zur Vermeidung von Verlusten und zur Verbesserung der Futterqualitäten beraten und auf den Betrieben umgesetzt. Die Entwicklung hat in den letzten 20 Jahren enorme Qualitätsverbesserungen im Grundfutterbereich gebracht und die daraus erzielbaren Erfolgskriterien erhöht. Eine neue Einflussgröße auf die Konservierungsverfahren Heu oder Silage kommt aus dem Marketing, wo Heumilch und Heukäse besonders gut beworben und im In- und Ausland bestens abgesetzt werden. Es geht also immer mehr darum nicht nur Futter für die vegetationslose Zeit kostengünstig bereitzustellen, sondern auch damit qualitative Verbesserung in der Fütterung und vor allem in den Produkten „Milch“ und „Fleisch“ zu er-

zielen. Mit dem Mehrwert an Qualität im Produkt bei den unterschiedlichen möglichst „natürlichen“ Konservierungsverfahren sollte die Auslobung für die Konsumenten greifbar werden. Entscheidend für die Verfahrenskette vom Feld bis ins Regal ist auch, wie sicher kann ein Konservierungsverfahren beste Produktqualität gewährleisten.

Standard an Inhaltsstoffen in den Konserven

Waren noch vor 10 Jahren die Unterschiede allein im Schnitzeitpunkt für Grassilage- und Heugewinnung beim ersten Aufwuchs noch um 7 bis 14 Tage in der Praxis versetzt und somit lagen diese Inhaltsstoffe (Energie,

Die „modernen“ Heubetriebe haben mittlerweile einen hohen Standard in der Heuqualität erreicht und versorgen ihre Tiere ebenso mit besten Inhaltsstoffen, wie es auch auf den besten Silagebetrieben erfolgt.

Rohprotein, Mengen- und Spurenelemente, etc.) durch das erhöhte Strukturmaterial (Rohfaser) differenziert vor. In den „modernen“ Heubetrieben wie auch in den Silagebetrieben hat man den Schnitzeitpunkt beim ersten Aufwuchs auf Ähren/Rispenschieben mittlerweile abgestellt, die Verluste

Tabelle 1: Praktischer Vergleich der Konservierungsverfahren Heu, Silage und Gärheu

Parameter	Heu		Grassilage	Gärheu
	traditionell - bodengetrocknet	Energieheu bei Belüftung		
Wettereinflüsse und Wetterrisiko	groß	gering	gering	gering
Nutzungszeitpunkt	Blüte	Ähren-Rispenschieben	Ähren-Rispenschieben	Ähren-Rispenschieben
Feldzeiten in Tagen	3-5	2	1-2	2
Schlagkraft	eingeschränkt	eingeschränkt	groß	groß
Futterqualität				
Rohfaser - Strukturmaterial g/kg TM	~ 290 bis 310	~ 220 bis 250	~ 220 bis 250	~ 220 bis 250
Rohprotein g/kg TM	~ 100 bis 120	~ 140 bis 160	~ 140 bis 160	~ 140 bis 160
Energie in MJNEL/kg TM	4,8 bis 5,5	5,9 bis 6,5	5,9 bis 6,5	5,9 bis 6,5
Risiken				
erdige Verschmutzung und Clostridien	gering	gering	bei Nasssilage groß	gering
heiße Fermentation	groß	gering	keine	gering
Nacherwärmung	keine	keine	mittel	mittel
Schimmelpilzbefall	groß	gering	gering	mittel
Besondere Inhaltsstoffe				
(Omega-3-Fettsäuren, β-Carotin, Vitamine, etc.)	geringer mit Abbauprozessen	mittel mit Abbauprozessen	groß	groß

¹ LFZ Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 IRDNING

* Univ.-Doz. Dr. Karl BUCHGRABER, karl.buchgraber@raumberg-gumpenstein.at

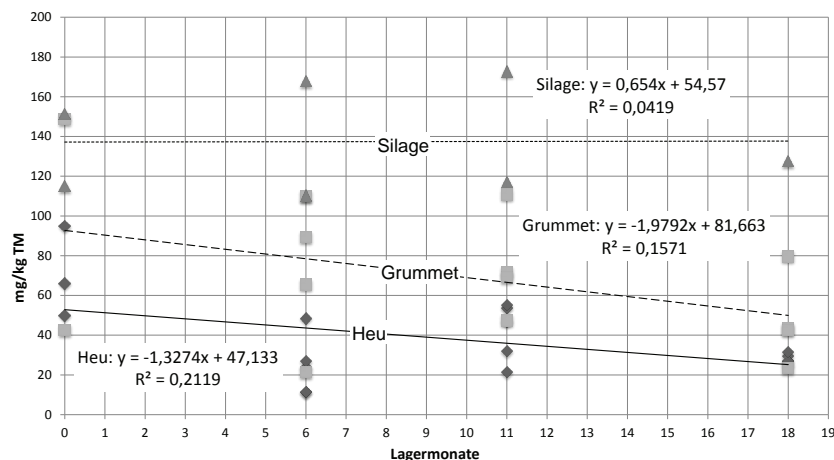


Abbildung 1: Verlauf des Carotingehaltes im Heu, Grummet und in der Grassilage über eine Lagerungsdauer von 19 Monaten

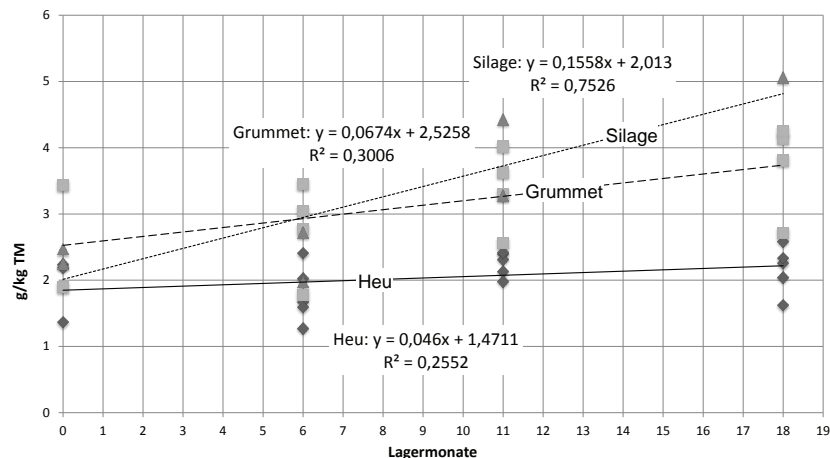


Abbildung 2: Absolute Gehalte an dreifach ungesättigten Fettsäuren im Heu, Grummet und Silage über die Lagerungsdauer von 19 Monaten

(Atmung-, Bröckel-, Silier- und Fermentationsverluste) werden bei beiden Verfahren in den besten Betrieben gleich gehalten. Milchviehbetriebe, die den Anspruch erheben bei bester Grundfutterqualität möglichst viel Grundfutterleistung zu erzielen, nehmen keine unnötigen Verluste in Kauf und wollen beste Qualitäten den Tieren anbieten. Hier ist es auch schwierig Unterschiede in der Qualität der Konserven sowie dem daraus erzielten Produkten herauszuarbeiten. In der ökonomischen Betrachtung der Konservierungsverfahren (Grassilage zu Heu unter Dachtrocknung) liegt das „Energieheu“ in den Entstehungskosten etwa bei 5-10 Cent/kg höher als eine Qualitätssilage (Pöllinger, 2014).

Die traditionelle Heuproduktion mit Bodentrocknung oder Bodentrocknung mit bestenfalls Endbelüftung unter Dach bringt je nach Schnittzeitpunkt, Wetterlage und Ernte sowie Endlager unterschiedlichste Futterqualitäten (Inhaltsstoffe und Hygiene). Hauptprobleme in den Konservierungsverfahren sind die größeren Bröckelverluste, die Einlagerung von gleichmäßig abgetrocknetem Futter unter 12% Wassergehalt, die Fermentation mit Erwärmung und einhergehendem Schimmelbefall. Hingegen sind bei der Anwelksilage die erdige Verschmutzung und Kontaminierung des Futters mit Buttersäurebakterien derzeit die Hauptprobleme, die es zu verbessern gilt. Dieser Umstand schlägt sich bei der

Verarbeitung der Milch zu wertvollen Lebensmitteln negativ zu Buche. Die ungenügende Verdichtung mit der Nacherwärmung insbesondere bei Anwelkgraden mit höherer Trockenmasse kann ein weiterer Problemkreis in der Silage und besonders bei der Gärheuproduktion sein (siehe Tabelle 1). Von den Inhaltsstoffen können bei gleichem Pflanzenbestand, gleicher Bewirtschaftung (Düngung, Schnittzeitpunkt), bei üblichen Wetterbedingungen die Konservierungsverfahren Grassilage, Gärheu und Energieheu als gleichwertig angesehen werden, hingegen hat die traditionelle Bodentrocknung in unseren Breiten, insbesondere in den alpinen regenreichen Klimaten insbesondere beim 1. Schnitt oft mit Abstrichen zu rechnen (Resch *et. al.*, 2006).

Lagerdauer und Inhaltsstoffe

Von zwei Grünlandbetrieben im Steirischen Ennstal, die auch bisher schon immer Heu und Grassilage produziert haben, wurden die Bodendaten, die Zusammensetzung der Pflanzenbestände und die Futterqualitäten von vier Heu- sowie zwei Silagepartien von Juni 2006 bis Jänner 2008 in einem konstant gehaltenen Lager am LFZ Raumberg-Gumpenstein und auf zwei Betrieben untersucht. Dabei waren die Ausgangsqualitäten je Betrieb gleich, allerdings auf den Betrieben unterschiedlich. Die Laboruntersuchungen und die sensorische Futterbewertung wurden am LFZ Raumberg-Gumpenstein, im Futtermittellabor Rosenau der LK Niederösterreich und am FIWI Wien durchgeführt.

Vitamine

Als essentielle Vorstufe wurde hier β -Carotin besonders untersucht. β -Carotin ist eine Vorstufe des fettlöslichen Vitamins A, dessen Zufuhr über die Nahrung notwendig ist, damit die Tiere es in der Leber und dem Dünndarm zum essentiellen Vitamin A umwandeln können (Jilg, 2005). Carotine kommen laut Jeroch *et. al.* (1999) ausschließlich in pflanzlichem Material vor. Ein Vitamin-A-Mangel macht sich vor allem in Form einer erhöhten Infektionsanfälligkeit der Schleimhäute sowie Fruchtbarkeitsstörungen bemerkbar. Der Carotin-Gehalt nimmt nach Jilg (2005) in frischen Pflanzen mit zunehmendem Alter ab. Je höher der Blattanteil im Pflanzenmaterial desto höher der Vitamingehalt im Ausgangsfutter. Des Weiteren wird während den Konservierungsvorgängen ebenfalls Carotin abgebaut, vor allem bei der Heuproduktion durch die Bröckelverluste. Greenhill *et. al.* (1961) stellten fest, dass der Abbau von Carotin mit der Zunahme der Temperatur zusammenhängt.

In Abbildung 1 wird ersichtlich, dass nach der Trocknung sowohl im Heu als auch im Grummet die Carotin-Gehalte

stark sinken. Auch wird deutlich, mit welchem unterschiedlichen Carotin-Gehalten die Futtermittelkonserven ins Lager gehen. Den höchsten Carotin-Gehalt nach der Konservierung besitzen die Silagen mit durchschnittlich fast 140 mg/kg Trockenmasse und sie befinden sich hiermit in der von Jilg (2005) angegebenen Spanne von 100-150 mg/kg Trockenmasse. Aufgrund der hohen Streuung der Werte und der geringen Datenmenge sind keine Trendaussagen möglich. Sowohl beim Heu als auch beim Grummet zeichnen sich erwartungsgemäß deutliche Verluste an Carotin in der Lagerungsphase ab. Die Ausgangswerte nach der

Das β -Carotin und die ungesättigten Fettsäuren können über die Silage besser konserviert werden als im Heu bzw. Grummet.

Konservierung liegen beim Heu bei durchschnittlich ca. 50 mg/kg TM, bei Grummet bei über 90 mg/kg Trockenmasse. Beide Ausgangswerte liegen über den von Jilg (2005) aufgeführten Spannen von 12-35 mg/kg TM Carotin bei Heu sowie 35-80 mg/kg TM bei Grummet.

Fettsäuremuster

Das Wiesenfutter zeichnet sich sehr positiv durch die höheren Gehalte an ungesättigten Fettsäuren aus, abhängig ist dies vom Schnitzeitpunkt des Futters und vom Stängel-/Blattverhältnis. Je mehr junge Blattanteile im Heu bzw. in der Grassilage vorhanden sind, desto mehr sind die ein- bis dreifach ungesättigten Fettsäuren (z.B. Ölsäure, Linolsäure und Linolensäure usw.) vorhanden. Diese wichtigen Fettsäuren gehen dann über die Nahrung in das Fleisch und in die Milch. Als Beispiel werden die dreifach ungesättigten Fettsäuren herausgegriffen.

Die absoluten Gehalte der verschiedenen gesättigten Fettsäuren im Laufe der Lagerung zeigen, dass in der Trockenmasse der untersuchten Proben die Fettsäuren zunehmen. Dies kommt dadurch zustande, dass im Gegensatz zu den Fettsäuren andere Stoffe im Laufe der Lagerung verstärkt abgebaut werden und die Fettsäuren aufgrund dessen verhältnismäßig ansteigen. Es wird damit deutlich, dass in den untersuchten Futterproben selbst die leicht oxidierenden mehrfach ungesättigten Fettsäuren während einer Lagerungszeit von anderthalb Jahren kaum abgebaut werden (vergleiche *Abbildung 2*).

Fettsäuremuster in der Milch

Die Fettsäurestruktur der Milch wird durch verschiedene tiereigene und umweltbeeinflusste Faktoren (Fütterung, Grundfutter/Kraftfutter) bestimmt und damit ihre Qualität für die menschliche Ernährung definiert. Das Augenmerk liegt auf einem hohen Gehalt an einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Hierbei sind konjugierte Linolsäuren und Omega-3-Fettsäuren auf Grund ihrer gesundheitsfördernden Wirkungen von besonderer Bedeutung. In der vorliegenden Literaturrecherche von Braach (2013) werden die Auswirkungen von unterschiedlichen Futterrationen auf diese speziellen Milchinhaltsstoffe erfasst. Zielsetzung

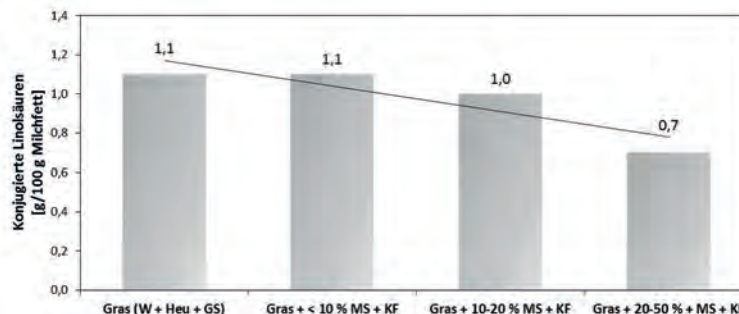


Abbildung 3: Durchschnittswert der Omega-3 Fettsäuren in g/100 g Milchfett (Braach, 2013)

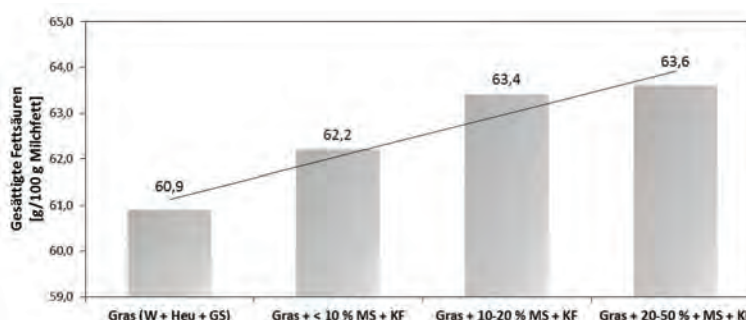


Abbildung 4: Durchschnittswerte der konjugierten Linolsäure in g/100 g Milchfett (Braach, 2013)

ist es dabei, den genauen Einfluss der einzelnen Futterkomponenten Frischgras, Heu, Grassilage, Maissilage und Kraftfutter herauszuarbeiten. Daraus resultierende Gehalte der speziellen Milchinhaltsstoffe werden quantifiziert, bei vorliegender Vergleichbarkeit zu Mittelwerten aggregiert und einzelner Fütterungskategorien zugeordnet. Ein Überblick der wissenschaftlichen Arbeiten zeigt, dass Frischgras als Fütterungsgrundlage den höchsten Gehalt an speziellen Milchinhaltsstoffen aufweist. Die analysierte Literatur bestätigt, dass durch Heukonservierung eine Verringerung der Fettsäuren um bis zu 20% erfolgen kann. Hingegen werden bei Milchfettstrukturen durch Frischgras-, Heu- oder Grassilagefütterung generell nur geringe Unterschiede festgestellt. Einen großen Einfluss auf die speziellen Milchinhaltsstoffe haben hohe Mengen Kraftfutter und Maissilage. Auch die botanische Zusammensetzung der grünfütterbasierten Rationen wirkt auf die Milchfettstruktur.

Gras-Klee- und Gras-Luzerne-Mischungen sowie Dauerwiesenfutter haben als Rationsgrundlagen im Gegensatz zu Feldfutter positive Effekte. Der Einsatz von Ölsaaten erhöht das Milchfett in geringem Ausmaß. Einzubeziehen sind auch die geographischen Gegebenheiten sowie die Höhenlage und die Herstellung der Futtermittel unter Beachtung des Blatt-Stängelverhältnisses. Eine grünlandbasierte Fütterung führt zu den vergleichsweise niedrigsten Werten an gesättigten Fettsäuren. Eine derartige Futterzusammensetzung weist auch die höchsten Gehalte an mehrfach ungesättigten Fettsäuren sowie konjugierter Linolsäuren auf. Bei reiner Heufütterung sind Höchstwerte an Omega-3-Fettsäuren zu beobachten. Der Maximalgehalt an einfach ungesättigten Fettsäuren in der Milch wird bei einer Frischgrasration erreicht. Zur weiteren Einordnung der Fettgehalte werden Kategorien von Fütterungsvarianten mit steigenden Anteilen an Maissilage und Kraftfutter gebildet. Dabei sind die grün-

landbasierten Rationen in den Vordergrund zu stellen. Diese erreichen auch den durchschnittlich niedrigsten Gehalt an gesättigten Fettsäuren sowie die höchsten Werte an einfach ungesättigten und Omega-3-Fettsäuren.

Die konjugierten Linolsäuren liegen bei kleineren Mengen an Maissilage- und Kraftfutteranteil vorerst hoch, fallen jedoch bei anhaltend sinkendem Grünfutteranteil. Einzig die mehrfach ungesättigten Fettsäuren sind bei hohen Mais- und Kraftfutteranteilen in der Ration im oberen Wertebereich angesiedelt. Die prozentuale Veränderung der Eckvarianten zeigt mit sinkendem Grünlandanteil in der Ration jedoch eine Verringerung jeder speziellen Fettsäure. Diese ist am deutlichsten bei den Omega-3-Fettsäuren mit 50% ausgeprägt. Konjugierte Linolsäuren zeigen bei steigenden Maissilage und Kraftfutteranteil eine Veränderung von 36%. Die umfassende Feststellung von Fettsäuregehalte in der Milch ist eine unumgängliche Chance deren Qualität genau festzustellen und bei Bedarf über angepasste Futtermischungen positiv zu verändern (Braach, 2013).

Schlussfolgerung

Rund 80% der Energie und des Rohproteins für die rauhutverzehrenden Tiere (Rinder, Schafe, Ziegen, Pferde, Wildtiere) stammen aus dem österreichischen Grünlandflächen, bei Mutterkühen liegen diese Werte über 95%.

Je besser diese Grünlandflächen pflanzenbaulich geführt werden, desto höher sind Ertrag und Futterqualität. Werden bei der Konservierung wenig Verluste gemacht, so werden die Tiere aus der Futtermischung bestmögliche Qualitäten (Inhaltsstoffe und Hygiene) nutzen können. Die Bereitstellung von Futtermischungen ist in Österreich aufgrund der Wittersituationen, der topografischen betriebsstrukturellen Verhältnisse auf den Grünlandbetrieben nicht einfach. Hat in den Jahren 1950 die Silagebereitung nahezu die Heuproduktion abgelöst, so gibt es seit rund 10 Jahren einen Schwerpunkt in der Grundfutterproduktion in Richtung „Energie-Qualitätsheu“. Konnte die Silage- bzw. Gärheuproduktion die Feldzeiten auf 1 bis 2 Tage verkürzen, so versuchten die Heubetriebe bei gleichen Schnittterminen und Unterdach Trocknung das Wetterrisiko zu minimieren und die Futterqualität auf hohem Niveau bei Mehrkosten abzusichern. Die Silagebetriebe - meist gemischte Konservierung Silage/Heu/Gärheu - sind auch extrem bemüht die auftretenden Probleme mit der erdigen Verschmutzung und der fallweise Nacherwärmung in den Griff zu bekommen.

Je mehr es dem Grünlandbauer gelingt, möglichst viel Blattmasse bei ausreichendem Strukturmaterial für die Tiere bereitzustellen, so werden die Inhaltsstoffe (Rohprotein, Rohfett, Energie, Mengen- und Spurenelemente) und die speziellen Wertstoffe (Vitamine, ungesättigte Fettsäuren, etc.) den Tieren zu gute kommen. Dabei kann die traditionelle Bodenheubereitung nur bei stabilen Schönwetterlagen (kommen beim ersten Aufwuchs selten vor) mit

der Energieheu-, Grassilage- und Gärheuproduktion in der Qualität mithalten. Eventuelle Inhaltsstoffe wie β -Carotin und ungesättigten Fettsäuren - sie sind in den Blättern - kommen in der Praxis in den Grassilagen, insbesondere in längeren Lagerungsphasen in höheren Mengen vor als in den Heupartien. Diese Inhaltsstoffe sind es auch, die in der graslandbasierten Milchproduktion in höheren Mengen vorkommen und dann auch als gesünder in der Werbung für die Konsumenten ausgelobt werden.

Der Grünlandbauer sollte, wieder verstärkt die Weide als qualitatives und kostengünstiges Grundfutter nutzen, hier sind die Inhaltsstoffe naturgegeben am höchsten. Bei den Konserven „Heu, Silage, Gärheu“ braucht es für die unterschiedlichen Betriebe das beste Verfahren, um hohe Qualitäten herzustellen. Mit der Unterdach Trocknung erzeugen die Heubauern mittlerweile „Energie-Qualitätsheu“ mit ähnlichen Inhaltsstoffen, wie sie in Qualitätssilagen vorhanden sind. Die Risiken der Bodentrocknung konnten damit mit höheren Produktionskosten minimiert werden. Beste Qualitäten bei Heu, Silage und Gärheu zeigen bei der Fütterung und in den Inhaltsstoffe kaum Unterschiede, außer dass β -Carotin und ungesättigte Fettsäuren bei anaeroben Lagerung besser erhalten bleiben.

Es sollten Bestrebungen weiter gefördert werden, die die Grundfutterqualitäten heben. Es darf keine Diskriminierung der Silagebetriebe durch die Auslobung der Heumilch- und Heuprodukte geben. Ein möglichst hoher Grundfutteranteil in der Ration bringt die besten Inhaltsstoffe in die Milch und ins Fleisch.

Literatur

- Buchgraber, K., Heinrich, S., Resch, R. und Krauskopf B., 2009: Futterqualitäten vom vorjährigen Futter bei Heu und Silage, 15. Jägertagung 2009, 41-46.
- Braach, J., 2013: Spezielle Milchinhaltsstoffe bei unterschiedlichen Futtermischungen im Vergleich zu graslandbasierter Milch, Masterarbeit der Univ. f. Bodenkultur am LFZ Raumberg-Gumpenstein.
- Jeroch, H., Drochner, W. und Simon, O., 1999: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, Ulmer Verlag Stuttgart, 174-283.
- Jilg, T., 2005: Wie viel β -Carotin braucht die Milchkuh? Aulendorf, 4 S. URL: http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1188624_11/LVVG1_Carotinversorgung%20der%20Milchkuh.pdf.
- Greenhill, W. L., Couchman, J. F. und De Freitas, F., 1961: Storage of hay. 3. Effect of temperature and moisture on loss of dry matter and changes in composition. In: Journal of the Science of Food and Agriculture 12, 293-297.
- Pöllinger, A., 2014: Mündliche Mitteilung LFZ Raumberg-Gumpenstein.
- Resch, R., Guggenberger, T., Wiedner, G., Kasal, A., Wurm K., Gruber, L., Ringdorfer, F. und Buchgraber, K., 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. Der Fortschrittliche Landwirt, (24), Sonderbeilage 20 S.



Ing. Reinhard Resch

LFZ Raumberg-Gumpenstein, Referat Futterkonservierung und Futterbewertung

Einleitung

Die Konservierung von Grünlandfutter in Rundballen ist in Österreich mit einem Anteil von über 30 % der silierten Grassilage ein bedeutendes Siliersystem. Bis dato wurden Stretchfolien für Rundballen mit unterschiedlichen Farbstoffen, von weiß über Grüntöne bis schwarz, eingefärbt. Ein Novum ist die Wicklung von Rundballen mit einer transparenten, also durchsichtigen Stretchfolie.

Das LFZ Raumberg-Gumpenstein führte 2013 insgesamt 3 Exaktversuche unter Praxisbedingungen durch, um zu klären, ob es mit transparenten Stretchfolien möglich ist, eine luftdichte Versiegelung zu erreichen und eine vergleichbare Silagequalität zu erzeugen wie mit einer herkömmlichen Standard-Stretchfolie.



Abb. 1: Wicklung und Probenahme im LFZ-Siliverversuch S-62/2013

Material und Methoden

► Versuchsaufbau

Stretchfolien-Varianten

SF (Standardfolie = Kontrolle) – „Unterland Agristretch grün“, 25 µm

TF 1 (Testfolie transparent 1) – „Agristretch Crystal“, 25 µm

TF 2 (Testfolie transparent 2) – „Agristretch Crystal“, 25 µm

Einzelversuche an drei verschiedenen Aufwüchsen

Dauerwiesen-Mischbestand (50-59 % Gräser, 19-27 % Leguminosen)

Anwulung auf 40 % Zieltrockenmasse

Ballenpressung mit Krone Vario 1500

Wicklung und Wiegung der Ballen

Lagerungsdauer mindestens 2 Monate

► Untersuchungen und Analysen

Rohnährstoffe, Zucker, Gärqualität und Mikrobiologie (FML Rosenau, LK Nö.)

ÖAG Sinnenprüfung auf Geruch, Farbe und Gefüge (LFZ)

Bilanzierung von TM, Zucker und NEL (LFZ)

Prüfung der aeroben Stabilität (LFZ)

Prüfung auf Farbunterschiede mit NIR-Spektrometer ZEISS-Corona (LFZ)

Ergebnisse und Diskussion

► Inhaltsstoffe

Die geprüften Varianten wiesen innerhalb der jeweiligen Aufwüchse keinerlei signifikanten Unterschiede in den Inhaltsstoffen Rohprotein, -faser, und -asche sowie im Zuckergehalt und der Nettoenergie gegenüber der Kontrolle auf.

Tab. 1: Einfluss unterschiedlicher Stretchfolien auf TM-Gehalt, Inhaltsstoffe und NEL von Rundballen-Grassilage in drei Grünlandaufwüchsen

Aufwuchs	Variante	n	Trockenmasse (g/kg FM)		Rohprotein (g/kg TM)		Rohfaser (g/kg TM)		Rohasche (g/kg TM)		Zucker (g/kg TM)		NEL (g/kg TM)	
			Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
1	SF (Kontrolle)	3	350,0 ^a	2,0	147,7 ^a	4,5	252,0 ^a	8,9	75,3 ^a	5,5	125,0 ^a	20,0	5,99 ^a	0,09
	TF 1	3	350,7 ^a	5,7	144,0 ^a	1,0	247,0 ^a	5,9	72,0 ^a	1,0	111,3 ^a	7,6	6,47 ^a	0,08
	TF 2	3	350,0 ^a	41,2	139,0 ^a	8,7	245,7 ^a	10,2	74,0 ^a	1,0	126,3 ^a	17,6	6,47 ^a	0,15
2	SF (Kontrolle)	3	426,0 ^a	19,1	148,7 ^a	2,4	243,0 ^a	17,1	51,7 ^a	4,7	90,7 ^a	15,9	5,01 ^a	0,15
	TF 1	3	426,3 ^a	65,4	144,0 ^a	6,7	233,3 ^a	10,2	54,7 ^a	8,0	100,3 ^a	12,6	4,09 ^a	0,08
	TF 2	3	413,3 ^a	75,1	139,0 ^a	1,2	229,0 ^a	7,0	80,0 ^a	8,0	115,7 ^a	4,8	6,07 ^a	0,02
3	SF (Kontrolle)	3	414,7 ^a	46,1	167,7 ^a	4,4	223,0 ^a	2,7	54,7 ^a	10,6	70,3 ^a	10,0	5,20 ^a	0,10
	TF 1	3	406,0 ^a	23,1	165,3 ^a	6,7	220,3 ^a	5,1	62,7 ^a	4,5	69,0 ^a	9,4	4,16 ^a	0,07
	TF 2	3	406,3 ^a	11,4	165,3 ^a	1,3	220,7 ^a	1,5	61,7 ^a	0,8	73,0 ^a	4,6	5,21 ^a	0,08

Signifikante Differenzen für jeden Aufwuchs separat auf Konfidenzniveau 95 % (Methode LSD).
Varianten: SF = Unterland Agristretch grün; TF 1 = Agristretch Crystal; TF 2 = Agristretch Crystal

► Gärqualität

Die Datenauswertung mittels GLM-Modell ergab keinen signifikanten Einfluss der unterschiedlichen Stretchfolien auf pH-Wert, Milchsäure, Buttersäure Ammoniakanteil und DLG-Gärqualitätsbewertung in den drei geprüften Aufwüchsen (Tabelle 2). Nur bei der Essigsäure konnte im 3. Aufwuchs ein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrolle und TF 2 festgestellt werden.

Tab. 2: Einfluss unterschiedlicher Stretchfolien auf die Gärqualität von Rundballen-Grassilage in drei Grünlandaufwüchsen

Aufwuchs	Variante	n	pH		Milchsäure (g/kg TM)		Essigsäure (g/kg TM)		Buttersäure (g/kg TM)		DMG (g/kg TM)		DLG-Bewertung (Punkte)	
			Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S		
1	SF (Kontrolle)	3	5,0 ^a	0,2	11,0 ^a	5,7	4,0 ^a	0,8	13,1 ^a	2,0	3,3 ^a	0,3	60,0 ^a	8,7
	TF 1	3	5,0 ^a	0,0	12,2 ^a	3,7	3,9 ^a	1,1	19,4 ^a	3,1	3,9 ^a	0,4	53,3 ^a	2,8
	TF 2	3	5,0 ^a	0,4	8,0 ^a	3,9	3,7 ^a	0,7	11,7 ^a	4,5	4,1 ^a	0,2	34,7 ^a	2,8
2	SF (Kontrolle)	3	5,2 ^a	0,7	4,5 ^a	1,9	3,8 ^a	0,7	2,2 ^a	1,9	3,8 ^a	0,4	33,3 ^a	5,8
	TF 1	3	5,2 ^a	0,2	4,3 ^a	2,8	3,4 ^a	0,4	2,0 ^a	1,8	3,9 ^a	0,8	83,3 ^a	7,8
	TF 2	3	5,3 ^a	0,2	4,4 ^a	4,6	2,6 ^a	0,7	3,2 ^a	4,5	3,3 ^a	1,4	70,0 ^a	8,7
3	SF (Kontrolle)	3	4,0 ^a	0,0	32,2 ^a	8,3	12,8 ^a	3,4	4,3 ^a	2,8	5,8 ^a	7,6	81,7 ^a	10,4
	TF 1	3	4,0 ^a	0,1	32,0 ^a	9,8	11,2 ^a	2,8	3,3 ^a	1,5	1,3 ^a	8,4	90,0 ^a	5,8
	TF 2	3	4,0 ^a	0,1	28,4 ^a	3,0	3,7 ^a	2,0	3,8 ^a	0,6	2,0 ^a	0,3	91,7 ^a	2,9

Signifikante Differenzen für jeden Aufwuchs separat auf Konfidenzniveau 95 % (Methode LSD).
Varianten: SF = Unterland Agristretch grün; TF 1 = Agristretch Crystal; TF 2 = Agristretch Crystal

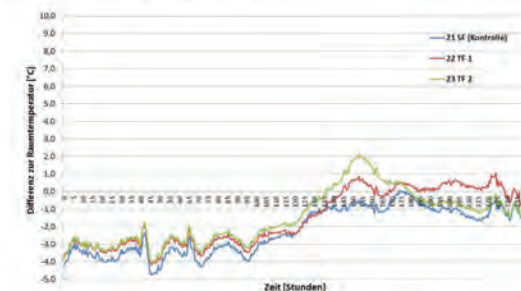
► Gärverluste, Mikrobiologie und Farbmessung

Die Testfolien TF 1 und TF 2 unterschieden sich nicht gegenüber der Standardfolie in Bezug auf TM-, Zucker- und NEL-Verluste, aber auch nicht in mikrobiologischen Parametern wie aerobe Bakterien, Schimmelpilze oder Hefen. Es zeigte sich auch keine negativen Farbveränderungen in der Außenschicht der Siloballen (0 bis 5 cm Tiefe).

► Aerobe Stabilität

Die Haltbarkeit der Grassilage wurde unter Luftstress getestet. Die in der Abbildung 2 dargestellten Temperaturverläufe sind als Differenzen zur Raumtemperatur zu verstehen. Es kam zu keinen signifikanten Unterschieden zwischen den Varianten, die Grassilagen waren unabhängig von der verwendeten Stretchfolie lagerstabil.

Abb. 2: Einfluss unterschiedlicher Stretchfolien auf die aerobe Stabilität von Rundballen-Grassilage im 2. Aufwuchs



Fazit für die Praxis

► Transparente Stretchfolien sind für die Wicklung von Rundballen geeignet.

► Die damit erzielbare Silagequalität ist im Vergleich zu Standardfolien gleichwertig in Bezug auf:

- Inhaltsstoffe und Futterenergie
- Gärqualität und Futterhygiene
- Gärverluste und aerobe Stabilität

► Transparent gewickelte Rundballen gewähren dem Futtereinkäufer erstmals Einblick und verhindern negative Überraschungen bei der Öffnung.



