

Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Nährstoffverluste, Futterwert, Milchproduktion und Milchqualität – Projektvorstellung

Influence of conservation method of grassland forage on nutrient losses, feeding value, milk production and milk quality

Marcus Urdl^{1*}, Alfred Pöllinger¹, Reinhard Resch¹ und Andreas Adler²

Zusammenfassung

Aufgrund der starken Verbreitung der Silowirtschaft, ist sowohl die Verfütterung von hohen Rationsanteilen Heu auf Milchviehbetrieben als auch Forschung zum Futterwert von Heu hintan getreten. Heumilch und Heumilchprodukte sind ein wichtiges Segment am heimischen Lebensmittelmarkt. Der von Molkereien teilweise übliche „Heumilchzuschlag“ kann die gespannte Kostensituation von Grünlandbetrieben verbessern. Neben den klassischen Methoden der Heutrocknung durch die Sonne, nimmt die maschinelle Trocknung einen immer höheren Stellenwert ein. Herkömmliche Anlagenkonzepte zur Heutrocknung stoßen durch die ständig steigenden Anforderungen an die Durchsatzleistung an scheinbare Grenzen (z.B. elektrische Anschlusswerte, Boxengrößen). Durch technische Neuerungen wie beispielsweise den Einsatz von frequenzgesteuerten Ventilatoren oder Entfeuchter-Wärmepumpen mit stufenlosem Kompressorantrieb sowie automatisierter Steuerungstechnik können Kosteneinsparungen (Energieverbrauch) bei gleichzeitiger Verbesserung der Futterqualität erzielt werden. Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Konservierung von Wiesenfutter wird solch eine moderne Heutrocknungsanlage umfassend mit den Verfahren Kaltbelüftung, Bodentrocknung und Silierung verglichen.

Schlagwörter: Heu – Heubelüftung – Bröckelverluste – Konservierungsverlauf – Energieverbrauch – Futterwert – Futterhygiene – Futteraufnahme – Milchleistung – Milchqualität – Wirtschaftlichkeit

Summary

Feeding high proportions of hay to dairy cows and research regarding the feeding value of hay has declined due to the strong implementation of ensilage. The market segment of milk and dairy products from cows fed without silage (grass-based diets, “hay milk”) is of major importance in the Austrian food industry. The commonly paid surcharge for “hay milk” can enhance the tense expense situation of grassland farms. In addition to traditional methods of solar hay drying, automatic hay aeration systems gain in importance. Conventional systems seem to reach limits due to continuously increasing requirements in terms of drying capacity (connected load, dimensions of hay boxes). Technical innovations (e.g. frequency-regulated fans, dehumidifier-heat pumps with infinitely variable drive of the compressor) as well as automated control technology can improve energy consumption and concurrently improve forage quality. In the context of a comprehensive research project focussing on herbage conservation methods, such a modern hay drying system will be compared to a drying system without heated or dried air, field drying and ensilage.

Keywords: Hay – hay aeration – mechanical losses – conservation progress – energy costs – feeding value – feed hygiene – feed intake – milk yield – milk quality – economy

1. Einleitung

Die vergangenen Jahre haben eindrucksvoll gezeigt, dass der Milchpreis trotz der noch vorhandenen Kontingentierung starken Schwankungen unterworfen ist und vor allem durch die geplante Marktöffnung noch stärker unter

Druck geraten wird. Milchviehbetriebe, die ihre Milch an Hartkäse-Molkereien liefern, sind von diesen Schwankungen weitaus weniger stark betroffen. Die professionelle silofreie Milcherzeugung wird in Zukunft ihre Marktbedeutung beibehalten, wenn nicht sogar ausweiten. Im Jahr 2008 haben über 10.000 Betriebe an der ÖPUL-Maßnahme

¹ LFZ Raumberg-Gumpenstein, Abteilung für Tierernährung, Abteilung für Innenwirtschaft, Referat für Futtermittelkonservierung und Futtermittelbewertung, A-8952 Irnding

² AGES – Zentrum für Analytik und Mikrobiologie, A-4021 Linz

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Marcus Urdl, email: marcus.urdl@raumberg-gumpenstein.at

„Silageverzicht“ teilgenommen. Der Heumilchanteil an der Milchlieferung 2008 betrug insgesamt 9 % bzw. 242.116 t. In Salzburg, Tirol und Vorarlberg lag der Anteil von Heumilch an der jeweiligen (gesamten) Anlieferung mit 31, 17 bzw. 34 % deutlich höher. Dies entspricht nahezu 100 % der angelieferten Biomilch in diesen Bundesländern. Die restlichen 37.481 t Heumilch wurden in der Steiermark und Oberösterreich angeliefert (BMLFUW 2009). Die § 7-Kommission hat dem BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft die Umsetzung besonderer Förderungen von Marketingaktivitäten für Heumilch empfohlen. Dies mit dem Hintergrund, eine Absatzförderung für Milchprodukte besonderer Qualität, die für Österreich typisch sind und eine höhere Wertschöpfung ermöglichen, zu schaffen.

„Futterqualität von Wiesen, Weiden und Feldfutterflächen ist wieder mehr wert!“ (BMLFUW 2009). Die Bedeutung des wirtschaftseigenen Futters rückt aufgrund der dramatischen und sprunghaften Preisentwicklungen bei Kraftfutter und Energie wieder stärker in den Vordergrund. Eine nachhaltige Verbesserung von Ertrag und Qualität des Grundfutters wird in Forschung und Beratung aktiv verfolgt. Gerade in Hartkäse-Gebieten hat die Qualität von Heu und Grummet eine sehr große Bedeutung, da schlechte Qualitäten die tierischen Leistungen, die Tiergesundheit und vor allem die Milch- und Fleischqualität negativ beeinflussen können. Längere Schlechtwetterperioden führen durch verspätete Ernte und/oder Problemen durch Futtermverschmutzung zu starken Qualitätseinbußen des Grundfutters. Österreichweit durchgeführte Silage- und Heubeprobungen haben gezeigt, dass noch Potenzial in der Grundfutterproduktion steckt.

Ausgehend von diesen Rahmenbedingungen wird am Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein ein umfassendes Projekt zum Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Nährstoffverluste, Futterwert, Milchproduktion und Milchqualität durchgeführt.

2. Stand des Wissens

2.1 Das Futtermittel Heu

Die Futterbestände des Alpenraumes liefern ein heterogenes und von den Inhalt- bzw. Wirkstoffen wertvolles Grundfutter. In Österreich werden pro Jahr rund 6,0 Mio. Tonnen Trockenmasse an Grünfutter geerntet (RESCH 2007, *Abbildung 1*). Der Anteil an eingesetzter Silage in der Gesamtration betrug im Jahr 2005 bereits 48 % (inkl. Maissilage), während Heu und Grummet auf 27 % zurückgingen. Den Rest von 25 % nimmt das Grünfutter aus Weidehaltung und Stallfütterung ein.

Für die Futterernte am Grünland stehen im Frühjahr nur wenige Erntegelegenheiten zur Verfügung (LUDER 1982, FORMAYER et al. 2000). Wenn kurze Schönwetterperioden nicht genutzt werden können, bedeutet dies meist einen verspäteten Mähtermin und damit verbunden einen Qualitätsverlust für das Futter. Beim ersten Schnitt schwankt der Gehalt an Rohfaser von Wirtschaftsgrünland (Dauerwiese) bei 3 bis 4 Nutzungen pro Jahr in Österreich von 23,8 % (Ähren-/Rispschieben) bis zu 29,8 % (Mitte bis Ende der

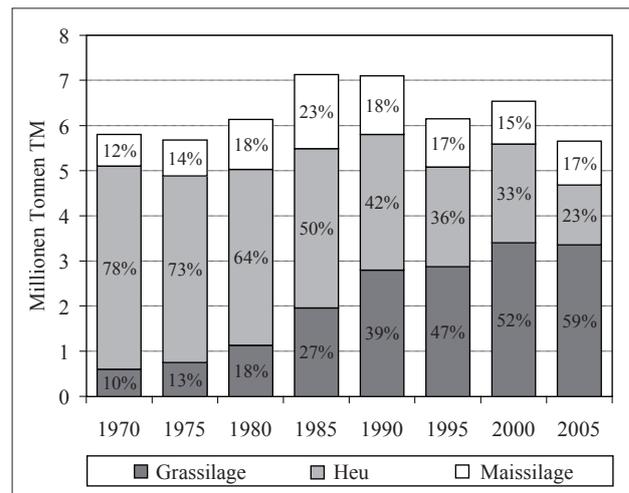


Abbildung 1: Grundfutterkonserven in Österreich in Millionen Tonnen Trockenmasse und Anteil in % (RESCH 2007)

Blüte). Das bedeutet einen Qualitätsverlust des Grundfutters beim ersten Schnitt von ca. 0,6 MJ NEL pro kg Trockenmasse (GRUBER und RESCH 2009).

Qualitativ hochwertiges Heu ist neben besten Grünfuttersilagen trotz einer Renaissance der Weidehaltung immer noch eine der wichtigsten Grundlagen für Leistung, Fruchtbarkeit und Wirtschaftlichkeit in der Wiederkäuerfütterung. Nicht nur aufgrund der steigenden und/oder schwankenden Marktpreise, muss es das Ziel der Wiederkäuerfütterung sein, nur soviel Kraftfutter einzusetzen, wie unbedingt nötig. Um die Nährstoffanforderungen von hoch leistenden Milchkühen zu erfüllen, entsprechen die erreichbaren Energiegehalte von Bodenheu nicht. Damit hohe Futterqualitäten auch von Betrieben mit Silageverzicht geerntet werden können, sind entsprechend groß dimensionierte und leistungsfähige Belüftungsanlagen notwendig. Bei einem guten Grünlandbestand, einer schonenden Vortrocknung am Boden und einem nachfolgenden Einsatz von Belüftungsanlagen können Nährstoffkonzentrationen von guten Grassilagen mit Energiegehalten von weit über 6,0 MJ NEL pro kg Heu-Trockenmasse erreicht werden (RESCH 2008, NYDEGGER et al. 2009, TIEFENTHALLER 2009a). Die Futterernte muss vor dem Einsetzen der massiven Bröckelverluste über 70 % Trockenmassegehalt erfolgen. Dadurch lassen sich erstklassige Heuqualitäten erzielen und vor allem das Wetterrisiko weit herabsetzen. Das Einfahren von „einsonnigem“ Heu wird möglich (NYDEGGER et al. 2009). Durch den teilweise sehr frühen Schnitt von Belüftungsheu ergeben sich niedrige Rohfaserwerte und hohe Zuckergehalte, die bei hohem Kraftfuttereinsatz zu Problemen mit der Wiederkäuergerechtigkeit der Ration führen können (TIEFENTHALLER 2009b).

2.2 Heutrocknungstechnik

Die Technik der Heutrocknung weist eine lange Tradition mit einem reichen Fundus an Wissen auf. Vor allem im deutschsprachigen Raum (Schweiz, Österreich, Bayern) wurden in der Vergangenheit zahlreiche Untersuchungen zur Heutrocknung durchgeführt (BAUMGARTNER 1987, 1989, 1991, 1993, 1994, 1996 und 1997, SCHULZ und

MITTERLEITNER 1987, WEINGARTMANN 1988, 1989, 1990, NYDEGGER 1991, OTT et al. 1995, AMANN und WYSS 2007, Van CAENEGEM et al. 2009). Eine Verbreitung der Technologie Entfeuchtungstrocknung mit Wärmepumpen erfordert jedoch klare, nachvollziehbare Untersuchungsergebnisse (WEINGARTMANN 2002). Auch GINDL (2002) weist auf die Bedeutung einer objektiven Prüfung von solchen Heutrocknungssystemen hin, da bei manchen Fabriken teilweise sehr optimistische und in der Praxis kaum erzielbare Angaben über Stromverbrauch, Leistung und Betriebskosten angegeben werden. *Tabelle 1* zeigt zusammenfassend die Vor- und Nachteile verschiedener Luftanwärmesysteme von Heutrocknungsanlagen.

Auch im ökologischen Landbau steigt das Bewusstsein für die Heu-Konservierung durch eine Trocknung unter Dach (geringere Nährstoffverluste bei Ernte und Lagerung, Nutzung des optimalen Schnitzeitpunktes, qualitativ hochwertiges Endprodukt). Dennoch ist der wirtschaftliche Aspekt der künstlichen Heutrocknung kritisch zu durchleuchten und vor allem im Zusammenhang mit der gesteigerten Grundfutterqualität zu diskutieren (GREIMEL et al. 1998). In mehreren Publikationen wird bei der betriebswirtschaftlichen Analyse der Heutrocknungsverfahren auch die gesteigerte Futterqualität berücksichtigt (WEINGARTMANN und HUBER 1985, HILFIKER 1989, LAVILLE-STUDER 1990, RADAJEWSKI 1994, HOLPP 2004). In diesen

Studien zur Heutrocknung wurden jedoch durchgehend keine weiterführenden Fütterungsversuche mit Milchkühen durchgeführt. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Konservierungsverfahren wurden bisher nur kalkulatorisch berücksichtigt.

2.3 Einfluss des Konservierungsverfahrens auf Futterwertparameter von Heu

Im Rahmen einer Heumeisterschaft (RESCH 2008) wurden insgesamt 217 Heuproben (151 aus Österreich und 66 aus Südtirol) gezogen und chemisch analysiert. Der Anteil der verwendeten Trocknungssysteme stellt sich wie folgt dar (*Tabelle 2*): 31,8 % der Proben wurden mittels Bodentrocknung konserviert, 19,2 % durch Kaltbelüftung und 38,3 % der eingesandten Heuproben wurden mit Warmbelüftungssystemen hergestellt (die restlichen 10,7 % stammten aus Gerüsttrocknung oder Kombinationen der Verfahren).

In *Abbildung 2* ist ein Auszug der Ergebnisse dieser Heumeisterschaft dargestellt. Beim 1. Aufwuchs stieg der Rohproteingehalt von 9 % bei Bodenheu auf knapp 11 % bei warmbelüftetem Heu. Beim 2. und Folgeaufwuchs wurden wesentlich höhere Rohproteingehalte festgestellt (im Schnitt 135 g XP/kg TM). Aufgrund der frühen Erntezeitpunkte von Warmbelüftungsheu und damit verbundenen niedrigen Rohfasergehalten (268 g/kg TM beim 1. und

Tabelle 1: Spezifische Vor- und Nachteile verschiedener Luftanwärmesysteme von Heutrocknungsanlagen (PÖLLINGER 2003)

| | Kaltbelüftung | Luftanwärmung mit Ölofen | Solare Luftanwärmung (Unterdachabsaugung) | Luftentfeuchtung und -anwärmung mit Wärmepumpe |
|------------------|--|---|---|--|
| Vorteile | baulich einfaches System kostengünstiges System (Lüfter + Trocknungsbox) | baulich einfaches System Unterdachtrocknung witterungsunabhängig Tag- und Nachttrocknung möglich – dadurch kurze Trocknungszeiten | keine/kaum Energiekosten für Anwärmung (Sonnenenergie) günstiger Eigenbau möglich | Unterdachtrocknung witterungsunabhängig (Umluftbetrieb möglich) Tag- und Nachttrocknung möglich geringe Energiekosten bei guter Leistungszahl |
| Nachteile | lange Trocknungszeiten Unterdachtrocknung witterungsabhängig nur bei geringen Restfeuchtegehalten einsetzbar (max. 30 %) | hohe Energiekosten (nicht erneuerbarer Energieträger) Gefahr der Rekondensation während Trocknungsvorgang | baulich aufwändig (v.a. bei nachträglichem Einbau) Unterdachtrocknung witterungsabhängig (Sonneneinstrahlung direkt oder indirekt notwendig) | hohe Investitionskosten hohe Anschlusswerte Stromversorgung notwendig – Anschlusskosten Vereisungsgefahr am Kondensator bei tiefen Außentemperaturen |

Tabelle 2: Anteil der Trocknungssysteme bei unterschiedlicher Wirtschaftsweise im Heuprojekt 2008 (RESCH 2008)

| | Betriebe | | Bodentrocknung | Kaltbelüftung | Warmbelüftung | Gerüsttrocknung | Kombination |
|----------------|----------|--------|----------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|
| | % | Anzahl | | | | | |
| Biobetrieb | 35,5 | 76 | 21 | 1 | 34 | 19 | 1 |
| Ökopunkte (NÖ) | 1,4 | 3 | 2 | - | 1 | - | - |
| UBAG | 34,6 | 74 | 12 | 25 | 34 | - | 3 |
| ohne Förderung | 28,5 | 61 | 33 | 15 | 13 | - | - |
| Summe | 100 | 214 | 68 (31,8 %) | 41 (19,2 %) | 82 (38,3 %) | 19 (8,9 %) | 4 (1,9 %) |

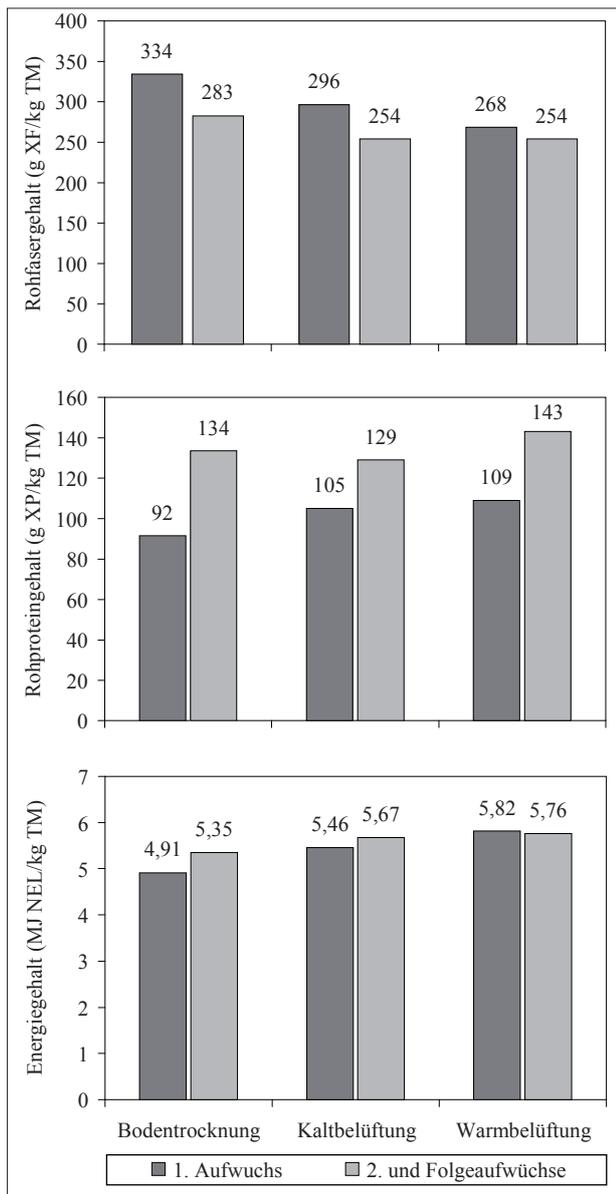


Abbildung 2: Rohfaser-, Rohprotein und Energiegehalt von Heuproben aus einer Heumeisterschaft in Abhängigkeit der Trocknungsart (RESCH 2008)

254 g/kg TM beim 2. und Folgeaufwuchs) lassen sich dementsprechend gute Heuqualitäten herstellen (5,82 bzw. 5,76 MJ NEL/kg TM). Die Energiekonzentrationen von Bodenheu und kaltbelüftetem Heu lagen im Vergleich dazu deutlich niedriger.

Über den Einfluss verschiedener Konservierungsverfahren auf die Grundfutterqualität finden sich in der Literatur mehrere Untersuchungen. Studien aus der Schweiz beschäftigen sich beispielsweise mit dem Aminosäuren- und Mineralstoffgehalt sowie der Verdaulichkeit von unterschiedlich konserviertem Raufutter (ARRIGO 2006 und 2007). Hierzu wurde eine Klee-Grasmischung einer Parzelle über mehrere Jahre bei unterschiedlichen Schnitten und Vegetationsstadien geerntet und anschließend konserviert. Die geprüften Konservierungsverfahren in diesen Untersuchungen waren folgende:

- Tiefgefrieren: In Plastikbeutel verpackte Rationen von 5 kg wurden nach Aufnahme des geschnittenen Futters mit einem Ladewagen (ohne Anwelken) bei -20°C tiefgefroren.
- Entfeuchten: Die Trocknung des nicht angewelkten Grünfutters wurde in Kisten vorgenommen. Die Belüftung erfolgte in einem geschlossenen Kreislauf mit mittels Kondensation entfeuchteter Luft von ca. 30°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von unter 45 %. Dabei handelte es sich um eine Pilotanlage zur Herstellung von Futtermkonserven für *in vivo* Verdaulichkeitsbestimmungen unter kontrollierten Bedingungen, welche die Konservierung durch Tiefgefrieren ersetzen sollte.
- Heubelüftung: Angewelktes Futter (durchschnittlicher TM-Gehalt von 59,4 %) wurde in einer Heubelüftungsanlage mit Luft aus solarer Unterdachabsaugung oder mit Hilfe einer Wärmepumpe getrocknet.
- Feldtrocknung: Diese erfolgte mit drei- bis sechsmaligem Wenden und Schwaden.
- Silierung bei 30 % Trockenmasse: Leicht angewelktes Futter (ein- bis zweimaliges Wenden und einmaliges Schwaden) wurde ca. vier Stunden nach dem Schnitt siliert.
- Silierung bei 50 % Trockenmasse: Die Silierung erfolgte im Schnitt 27 Stunden nach der Mahd und zwei- bis viermaligem Wenden sowie einmaligem Schwaden.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Experimente zur Konservierung von Wiesenfutter sind in *Tabelle 3* dargestellt.

Die Aminosäure Lysin, welche bei Milchkühen limitierend wirken kann, reagiert am empfindlichsten innerhalb der geprüften Konservierungsverfahren. Der Abbau (in der TM) gegenüber dem Ausgangsfutter beträgt bei den Trocknungsvarianten Entfeuchten, Heuboden- und Feldtrocknung 19, 28 bzw. 32 %. Bei der Silierung verringerten sich die Lysinergehalte um etwa 21 %. Insgesamt ließen sich in Bezug auf die Aminosäuregehalte bei dem auf dem Feld getrockneten Futter (Bröckelverluste) und der mit 30 % Trockenmasse hergestellten Silage (enzymatische Abbauprozesse) die größten Abweichungen zum Ausgangsfutter feststellen.

Im Durchschnitt zeigten sich hinsichtlich der Nährstoffverdaulichkeiten keine großen Unterschiede zwischen den geprüften konservierten Futtern. Bei einzelnen Schnitten konnten jedoch signifikante Unterschiede festgestellt werden. Beispielsweise war die Verdaulichkeit der organischen Masse bei bodengetrocknetem Heu spätreifen Stadiums mit 69,8 % deutlich niedriger als jene von tiefgekühltem Futter (75,4 %). Die nicht silierten Futtermkonserven wiesen bei gleichem Vegetationsstadium 66,6 bis 68,4 % dOM auf, während bei der Silage 30 % nur eine Verdaulichkeit von 61,2 % festgestellt wurde. In Bezug auf die Rohproteinverdaulichkeit waren die Werte bei der Dehydratation bzw. Entfeuchtung bei spätreif geerntetem Futter signifikant höher als bei den übrigen Konserven. Die Rohfaserverdaulichkeit war bei der mit 30 % TM konservierten Silage in $\frac{3}{4}$ der Fälle höher als bei den anderen Konservierungsvarianten.

Hinsichtlich der Mineralstoffgehalte zeigten sich in dieser Studie mit Ausnahme des Kalziumgehalts keine signifikanten Unterschiede zwischen den Konservierungsverfahren.

Tabelle 3: Einfluss der Konservierung auf Rohprotein- und Aminosäuregehalt sowie Verdaulichkeit und Mineralstoffgehalt von Wiesenfutter (nach ARRIGO 2006 und 2007)

| | | Grün- futter | Tief- kühlung | Ent- feuchtung | Heu- belüftung | Feld- trocknung | Silage 30 % | Silage 50 % | s _x | P |
|-------------------|---------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------|
| TM | g/kg | 19,8 ^{ac} | 20,5 ^c | 88,2 ^b | 89,0 ^b | 87,5 ^b | 27,8 ^a | 58,0 ^d | 2,3 | <0,01 |
| XP | g/kg TM | 130 | 129 | 134 | 125 | 120 | 142 | 132 | 14,8 | 0,97 |
| AA _{ges} | g/kg TM | 111 | 109 | 111 | 103 | 98 | 102 | 108 | 13,5 | 0,98 |
| AA _{ges} | g/kg XP | 845 ^a | 845 ^a | 821 ^a | 814 ^a | 809 ^a | 718 ^b | 804 ^a | 18,4 | <0,01 |
| Lysin | g im XP | 53 ^a | 54 ^a | 46 ^b | 44 ^b | 42 ^b | 41 ^b | 44 ^b | 1,7 | <0,01 |
| Arginin | g im XP | 47 ^a | 48 ^a | 45 ^a | 45 ^a | 44 ^a | 20 ^b | 42 ^a | 2,0 | <0,01 |
| Histidin | g im XP | 19 ^a | 19 ^a | 18 ^{ac} | 18 ^{ac} | 17 ^c | 15 ^b | 17 ^{cd} | 0,5 | <0,01 |
| Methionin | g im XP | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 | 14 | 16 | 0,7 | 0,10 |
| dOM | % | | 75,3 | 74,8 | 74,7 | 73,5 | 72,5 | 73,1 | 1,5 | 0,74 |
| dXP | % | | 61,7 | 65,8 | 62,4 | 59,7 | 62,0 | 60,1 | 1,7 | 0,17 |
| dXF | % | | 76,6 | 75,2 | 76,3 | 76,5 | 77,8 | 77,5 | 2,1 | 0,96 |
| dADF | % | | 76,2 | 74,0 | 75,1 | 75,2 | 76,2 | 75,9 | 2,1 | 0,98 |
| dNDF | % | | 77,8 | 75,9 | 77,7 | 77,8 | 76,4 | 77,6 | 2,1 | 0,98 |

Unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile weisen auf signifikante Unterschiede hin

s_x = Standardfehler des Mittelwertes

Das Bodenheu wies aufgrund der höheren mechanischen Beanspruchung und den damit verbundenen Bröckelverlusten niedrigere Ca-Werte auf als maschinell weniger beanspruchte Futterkonserven.

2.4 Futterhygiene von Heu

Ein gewisser Keimbefall ist für Futtermittel normal. Die Primärflora von Grünlandpflanzen ist vor allem durch unterschiedliche Sukzessionen durchwegs saprophytisch oder schwach parasitisch lebender Mikroorganismen charakterisiert (DICKINSON 1976, CAMPBELL 1985). Ohne eine rasche Trocknung kommt es in feuchtem Futter schnell zu einer massiven Entwicklung der vorhandenen epiphytischen Mikroflora. Entsprechende Nährstoffverluste sind die Folge.

Verschiedene fehlerhafte Maßnahmen bei der Heuwerbung, wie etwa ein falscher Schnitzeitpunkt, falsche Wiesenmischungen, Mähen bei zu niedriger Schnitthöhe oder zu fest gepresste (Groß-)Ballen können zu einer erheblichen Beeinträchtigung der mikrobiologischen Qualität des Erntegutes führen (STRAUSS und SCHOCH 2003). Aus einer bereits verminderten Einlagerungsqualität können bei längerer Lagerdauer noch zusätzliche Qualitätsverluste resultieren (BUCHGRABER 2009). Die Keimbelastung kann drastisch zunehmen, wenn ungünstige Ernte- und schlechte Lagerbedingungen vorliegen. Reduzierte Feuchtigkeitsabfuhr und ungenügende Trocknung gelten als Hauptursachen für hohe Keimgehalte in Heu.

Auf dem Heulager wird die Reliktflora der Feldpilze, die höhere Feuchtigkeitsansprüche stellt, vielfach mehr oder weniger rasch von einer Lagerflora abgelöst. Die Sporen dieser Lagerpilze sind in geringer Zahl ubiquitär im geernteten Futter vorhanden. Welche Lagerpilzflora sich entwickelt, hängt primär vom Feuchtigkeitsgehalt des Heus im Zusammenspiel mit anderen Faktoren, wie etwa der Temperatur oder einer Belüftung ab (REISS 1986).

Ungenügende Trocknung ist eine Hauptursache für hohe Keimgehalte in Heu. 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 45°C und darüber setzen sich thermotolerante bzw. thermophile Mikroorganismen durch. Dazu gehören vor allem *Aspergillus fumigatus* und Actinomyceten, deren Sporen nach Inhalation allergische Erkrankungen verursachen und bei entsprechendem Infektionsdruck zu einer Ansiedlung etwa im Atmungsbereich bei Haustieren und zu schweren Mykosen führen können (McDONALD et al. 1991).

Clostridien sind in Futtermitteln grundsätzlich unerwünscht, Clostridien sporen können schließlich durch fäkale Kontaminationen in die Milch gelangen. Kontaminationsfördernd wirken bei Silagefütterung etwa Futtermittelverschmutzung, feuchtes Milieu, geringer Trockenmasse- und Nitratgehalt sowie eine hohe Pufferkapazität des Futters, oder eine hohe Lagertemperatur. Wichtig im Hinblick auf eine Verringerung der Kontamination mit Clostridien ist daher eine saubere Ernte ohne Verschmutzungen, Anwelkung und hoher TM-Gehalt von Siliergut bzw. ein rascher Trocknungsverlauf bei der Heuwerbung oder ein stabiler niedriger pH-Wert in der Silage.

Eine Kontamination des Futters mit *Clostridium perfringens* kann dabei sicher nicht als alleinige Ursache für Clostridienvergiftungen interpretiert werden. Vergiftungen durch diese Bakterien können auch ohne Nachweis im Futter auftreten. Futterhygiene und Fütterungsmanagement kommt dabei als betriebsspezifische Faktoren große Bedeutung zu. Heu wird in diesem Zusammenhang zunächst als weniger risikobehaftet eingestuft.

Das Auftreten von Listerien im landwirtschaftlichen Kreislauf ähnelt jenem von Clostridien. Beide Keimgruppen zählen nicht zur originären mikrobiellen Epiphytenflora frischer Grünlandpflanzen. Da sie im Boden jedoch überall in hohen Zahlen verbreitet sind, können sie über die konservierte Pflanze in den Futtermittelkreislauf und somit in den Stall und zum Tier gelangen.

Listerienhaltige Futtermittel führen durchwegs zu einem positiven Listerienachweis im Kot der Tiere (SKOVGAARD und MORGEN 1988). Auch aufgrund einer lokalen Besiedelung ihres Intestinaltraktes können ansonsten symptomfreie gesunde Milchkuhe (Dauerausscheider, „carrier“)

Listerien in großer Zahl im Kot ausscheiden (SLADE et al. 1989). Ein Risiko für die Listerienkontamination von Rohmilch stellen listerienhaltige Futtermittel insofern dar, als mit ihnen Listerien in den Stallraum gelangen. Von dort kann durch Sekundärkontaminationen ein eventueller Listerieneintrag in die Rohmilch erfolgen. Zusätzlich muss aber auch ein innerbetrieblicher Infektionszyklus in Betracht gezogen werden, welcher ausgehend von verschmutztem Futter über den ausgeschiedenen Kot und den in weiterer Folge auf die Felder rückgeführten Wirtschaftsdünger führt (PÖTSCH et al. 2001).

Zusammenfassende Arbeiten zur mikrobiologischen Futterqualität stammen von ADLER (2002, 2009).

2.5 Qualität von Heumilch

Molkereien weisen immer häufiger auf den Mehrwert von „grüner Milch“ hin. Im Hinblick auf die Vermarktung und Positionierung von Heumilchprodukten sind objektive Aussagen zur Qualität der produzierten Milch, wie die Milchfettsäurezusammensetzung und die Käseereitauglichkeit notwendig. Die Milchfettsäurezusammensetzung hängt in großem Maße von der Fütterung ab. Bisherige Erkenntnisse zu diesen Themenbereichen behandeln Unterschiede zwischen grundfutter- und kraftfutterbetonten Rationen, grünlandbasierten Rationen und solchen mit steigenden Maissilageanteilen sowie den Einsatz von verschiedenen Kraftfutterzusätzen (Übersichtsarbeiten z.B. DEWHURST et al. 2006, ELGERSMA et al. 2006, VLAEMINCK et al. 2006, GLASSER et al. 2008). Des Weiteren gibt es Studien hinsichtlich des Einflusses der Konservierung, jedoch nur im Sinne eines Vergleichs von Grünfutter mit daraus hergestelltem Heu und Silage (z.B. SCHAEREN et al. 2005, WYSS et al. 2007). Im Hinblick auf die Milchfettsäurezusammensetzung und die Käseereitauglichkeit von Milch bei graslandbasierter Fütterung kann die Dissertation von LEIBER (2005) viele Fragen beantworten. Untersuchungen von SHINGFIELD et al. (2005) und VERDIER-METZ et al. (1998) behandeln speziell den Einfluss von Silage- oder Heufütterung auf die Fettsäurezusammensetzung bzw. die Käseereieigenschaften der Milch. Ob verfahrenstechnische Unterschiede der Heubereitung einen bedeutenden Einfluss auf die Milchfettsäurezusammensetzung von Heumilch haben, wurde bislang nicht untersucht.

2.6 Weitere Untersuchungen zum Einfluss des Konservierungsverfahrens

International publizierte Studien zur (erweiterten) Thematik der Konservierungsverfahren von Wiesenfutter haben sehr unterschiedliche Fragestellungen. Im Großteil der Untersuchungen werden Unterschiede zwischen Silage (mit und ohne verschiedenen Siliermitteln) und Heu beleuchtet, jedoch wird nicht auf unterschiedliche Heutrocknungsverfahren eingegangen. Bei VERBIĆ et al. (1999) wurde beispielsweise der Effekt von Siliermittelzusätzen auf die Proteinabbaubarkeit im Pansen und die mikrobielle Proteinsynthese im Vergleich zu unbehandelter Grassilage und Heu betrachtet. In den Studien von SHINGFIELD et al. (2002a und b), welche unter anderem auf einen Effekt des Konservierungsverfahrens (Silage vs. Heu) auf Futter-

aufnahme und Milchleistung abzielten, konnten die Versuchsfutter nicht zum gleichen Zeitpunkt geerntet werden. Dadurch kam es zu einer unerwünschten Wechselwirkung zwischen Konservierungsmethode und Vegetationsstadium bzw. Futterwert. LEONARDI und ARMENTANO (2003) verfütterten Luzerneheu mit unterschiedlichen Fasergehalten an Milchkühe. Die TMR hatte einen sehr geringen Grundfutteranteil von 40 %. Einen ähnlichen Ansatz in Bezug auf die Grundfutterqualität verfolgten DOREAU und DIAWARA (2003), die in ihrer Studie den Einfluss vom Fütterungsniveau bei unterschiedlichen Heuqualitäten, variierend im Gehalt an Gerüstsubstanzen, auf die Verdaulichkeit bei zwei verschiedenen Rassen untersuchten. Umfassende Studien sowie eine Übersichtsarbeit zum Carotinoidgehalt von Blutplasma und Milch von Milchkühen erstellten eine französische Arbeitsgruppe (NOZIÈRE et al. 2006a und b, CALDERÓN et al. 2007). Die Versorgung der Versuchstiere mit unterschiedlichen Carotinoidmengen erfolgte hier über Heu- bzw. Silagerationen. Gärheu als alternative Konservierungsform für Grünlandfutter im Gegensatz zu Heu und Silage in der Milchproduktion wurde von BORREANI (2007) und PÖLLINGER (2009) geprüft, wobei in der italienischen Studie auch die Milchqualität und die Käseereieigenschaften Untersuchungsparameter waren. PÖLLINGER et al. (2008) beschäftigten sich mit dem Einfluss der Rundballenpresstechnik auf die Futterqualität von Silage- und Heurundballen.

3. Ableitung der Ziele des Projektes

3.1 Bereich Technik

Aufgrund der Tatsache, dass kein Heutrocknungssystem ohne Nachteile aufgelistet werden kann (*Tabelle 1*) und aufgrund von Betriebsvergrößerungen und der Erhöhung der Schlagkraft die Trocknungsleistung der Anlagen teilweise angepasst werden musste, ergaben sich im Laufe der Zeit Kombinationen an verschiedenen Trocknungssystemen in einer Anlage. Diese Kombination der einzelnen Trocknungssysteme werden auf einigen Betrieben mit hohen Futtermassen bereits praktiziert (solare Unterdachanwärmung in Kombination mit Luftentfeuchtung, Luftentfeuchtung im Umluftverfahren oder mit Bypassluftführung usw.). Daraus ergeben sich allerdings klar erkennbare Optimierungsfragen, welche einer Klärung bedürfen. Die Steuerung dieser Anlagen läuft derzeit noch händisch ab und die Effizienz der Energieausnutzung unterliegt der individuellen Erfahrung und dem zeitlichen Einsatz des Betriebsleiters. Um die Effizienz des Energieeinsatzes zu erhöhen wurde eine neue Steuerungstechnik entwickelt, mit deren Hilfe im Praxiseinsatz, unter kontrollierten Versuchsbedingungen, die optimalen Betriebspunkte erkennbar und daraus angepasste Praxisempfehlungen ableitbar sein werden.

Die wichtigste Neuerung bzw. Wissensbedarf ergibt sich aus dem Umstand, dass es zu den heutigen, dem Stand der Technik entsprechenden Wärmepumpen keine nachvollziehbaren Kennlinien bei unterschiedlichen Betriebspunkten gibt. Diese sind in genauen Messreihen zu erheben.

Folgende Ziele sind unter dem Aspekt einer optimalen Energieausnutzung und höchst möglichen Qualitätsheuproduktion zu betrachten:

- Energieverbrauchswerte einer modernen Entfeuchtertrocknungsanlage mit neuester Steuerungstechnik – unterschiedliche Witterungsbedingungen und Trocknungsgutarten
- Optimale Betriebskombinationen verschiedener Trocknungssysteme (Entfeuchtertrocknung, solare Unterdachtrocknung, Bypassluftführung)
- Bestmögliche Beschickung von Heutrocknungsboxen: Die Beschickung der Trocknungsboxen erfolgt bei großen Anlagen in den meisten Fällen mittels Altbaukran. Die sorgfältige Befüllung ist für einen gleichmäßigen Abtrocknungsverlauf innerhalb einer Charge extrem wichtig. Verschiedene Befüllvarianten sollen hinsichtlich des Abtrocknungsverhaltens hin untersucht werden.
- Optimale Schnittlängen bei unterschiedlichen Futterstrukturarten: In der Praxis wird das Futter sehr unterschiedlich lang eingefahren. Einzelne Betriebe ernten das Trocknungsfutter sogar mit einem Kurzschnittladewagen, wie er bei Silagebetrieben zum Einsatz kommt. Damit sind Schnittlängen bis 33 mm möglich. Es soll geklärt werden, inwieweit diese kurzen Schnittlängen zur gleichmäßigen Befüllung und Abtrocknung beitragen können oder ob sogar mit negativen Auswirkungen zu rechnen ist.

3.2 Bereich Futterkonservierung und Futterhygiene

Gesundheit und Leistung landwirtschaftlicher Nutztiere hängen neben der Nährstoffzusammensetzung und der Energiedichte auch wesentlich von der mikrobiellen Qualität der eingesetzten (Grund-)Futtermittel ab. Die chemische und mikrobiologische Untersuchung ist dabei eine grundlegende Möglichkeit, Futtermittel im Hinblick auf die im Sinne maximaler Lebensmittelsicherheit geforderte Güte und Unverdorbenheit, in deren graduellen Abstufungen im Vergleich zur normalen Beschaffenheit zu beurteilen.

In den vergangenen Jahrzehnten wurde im Grundfutterbereich hauptsächlich die Silagekonservierung studiert, Raufutter war kein wichtiges Thema. Wissen über die Qualität von Heu und Grummet, das auf der Basis von exakten Versuchsbedingungen ermittelt wurde, ist in Österreich speziell im Zusammenhang mit modernen Trocknungsverfahren, wie der Entfeuchtungstrocknung, nicht vorhanden.

Ein prozessorientierter, dynamischer Ansatz soll gegenüber statischen bzw. punktuellen Untersuchungen einen absoluten Wissensgewinn bringen, weil Schwachstellen von Raufutter-Trocknungsverfahren in punkto Futterqualität und Futterhygiene über den Konservierungs- und Lagerungszeitraum hinweg aufgedeckt werden können.

Es sind keine auf Experimenten basierenden Studien bekannt, welche vier Konservierungsverfahren (Silage, Heu-Bodentrocknung, Heu-Kaltbelüftung, Heu-Entfeuchtungstrocknung) bei gleichem Ausgangsmaterial (Grünlandfutter) im Hinblick auf mengen- und qualitätsmäßige Feld- bzw. Verfahrensverluste bei der Konservierung und Lagerung untersuchten. Hier besteht in der landwirtschaftlichen Praxis wohl der größte Wissensbedarf.

Wichtige Ansatzpunkte des Projektes liegen in der Aufklärung der Frage nach einem Einfluss der unterschiedlichen Trocknungsverfahren auf

- Veränderung der Futterqualität (Nährstoffe, Verdaulichkeit, Energiedichte, Mineralstoffe, Zucker, Beta-Karotin) während des Konservierungs- und Lagerungsprozesses
- Bewertung der chemischen und organoleptischen Qualität von Heuproben
- Keimzahlndynamik und Zusammensetzung der Mikroflora
- Beurteilung der mikrobiologischen Qualität von Heuproben

Nicht zuletzt im Zuge eines innerbetrieblichen Infektionszyklus oder in Zusammenhang mit fehlerhaften Maßnahmen bei der Heuwerbung kann sich auch bei Heu eine erhöhte Belastung mit Clostridien entwickeln. Es soll abgeklärt werden,

- ob bzw. inwieweit einzelne Trocknungsverfahren, insbesondere die Bodentrocknung von Heu, zu einer vergleichsweise höheren Belastung des Futters mit erdigen Verschmutzungen und damit zu verstärktem Eintrag von Clostridien beitragen.

Im frischen Erntegut der einzelnen Versuchsvarianten soll zunächst eine mögliche

- Listerienkontamination untersucht werden. Im Falle eines positiven Befundes soll nachfolgend eine fortlaufende Beprobung im Zuge des Konservierungsprozesses weitere Erkenntnisse zur Nachweisbarkeit und zur Belastung von Heu mit diesen pathogenen Bakterien liefern.

3.3 Bereich Futterwert und tierische Leistungen

Aufgrund der starken Verbreitung der Silowirtschaft, ist sowohl die Verfütterung von hohen Rationsanteilen Heu auf Milchviehbetrieben als auch Forschung zum Futterwert von Heu hintan getreten. In der Literatur sind nur begrenzt Fütterungsversuche mit Milchkühen zu finden, bei denen reine Heurationen eingesetzt wurden. Und in jenen Fällen waren die Fragestellungen nicht auf die Trocknungsverfahren des Heus ausgerichtet.

- Futteraufnahme und Milchleistung von leistungsstarken Milchkühen bei Verfütterung von Heu, hergestellt durch verschiedene Trocknungsverfahren (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchtertrocknung), im Vergleich zu einer Kontrollgruppe mit Grassilage (Produktionskennzahlen – Milcherzeugungswert)
- Nährstoffverdaulichkeiten der Versuchsfutter *in vivo* (Futterwert)
- Ruminale Abbaubarkeit der Trockenmasse und Nährstoffabbau der Versuchsfutter *in situ* mit pansenfistulierten Ochsen (Abbaukinetik – Futterwert)
- Protein- und Kohlenhydratfraktionen der Versuchsfutter nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)
- Pansenphysiologische Untersuchungen mittels Pansensensor (pH-Wert, Temperatur) unter den Bedingungen des Fütterungsversuches mit Milchkühen

Die Exaktversuche zum Futter- und Milcherzeugungswert tragen dazu bei, eine ganzheitliche Bewertung der verschiedenen Konservierungsverfahren von Wiesenfutter treffen zu können.

Die kontinuierliche Messung des pH-Wertes mittels Pansen-sensoren stellt nicht nur eine innovative Methode zur Beurteilung der Bedingungen im Pansen dar, sondern führt in Kombination mit den kontrollierten Fütterungsbedingungen zu Aussagen hinsichtlich der Gefahr einer Übersäuerung beim Einsatz von hochqualitativem Heu mit niedrigem Rohfaser- und hohem Zuckergehalt, welches aus der Entfeuchtertrocknung zu erwarten ist. Diese Beobachtungen stellen bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit dieses Trocknungsverfahrens wertvolle Zusatzinformationen dar, da subakute Pansenazidosen zu niedrigeren Nutzungsdauern der Kühe führen und ökonomisch ins Gewicht fallen.

3.4 Bereich Milchqualität

Kenntnisse zum Einfluss des Konservierungsverfahrens auf die Milchfettsäurezusammensetzung bestehen hinsichtlich der Unterschiede zwischen Silage- und Heufütterung. Versuchsdaten zu unterschiedlichen Trocknungsverfahren von Heumilch sind bisher nicht erhoben worden.

- Fettsäurezusammensetzung der Milch bei Verfütterung von Heu, getrocknet mittels unterschiedlicher Verfahren

4. Versuchsdurchführung

Der Versuch wird am LFZ Raumberg-Gumpenstein über zwei Vegetationsperioden (2010, 2011) durchgeführt. Bei der verwendeten Futterfläche handelt es sich um eine 4-schnittige Dauerwiese.

Die Hauptversuchsfrage ist der Vergleich folgender Konservierungsverfahren von Wiesenfutter:

- Silage = Kontrolle
- Bodentrocknung
- Kaltbelüftung
- Entfeuchtertrocknung

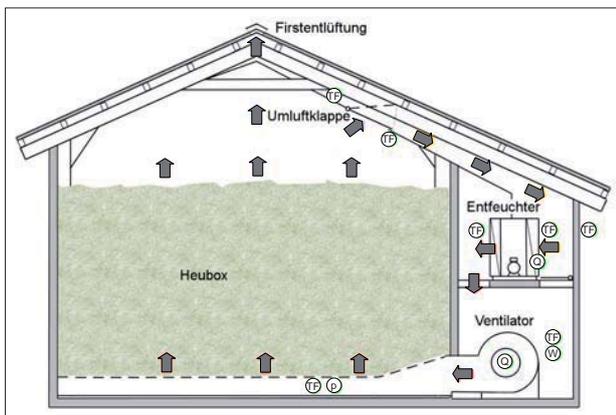


Abbildung 3: Anlagenschema der Heutrocknungsanlage im Mehrzweckversuchsstall des LFZ Raumberg-Gumpenstein (TF = Temperatur/relative Luftfeuchtigkeit, p = statischer Differenzdruck, Q = Volumenstrom, W = elektrische Arbeit und Leistung)

In *Abbildung 3* findet sich ein vereinfachtes Anlagenschema der Heutrocknungsanlage mit Luftentfeuchter-Wärmepumpe. Bei der modernen Anlage kommen folgende innovative Komponenten zum Einsatz:

- Ein frequenzgesteuerter Ventilator mit variablem Volumenstrom: Damit ist eine bessere Anpassung an die Futterbeschaffenheit, die Chargengröße und an den Trocknungszustand des Ausgangsmaterials möglich. Eine besondere Druckstabilität des Ventilators ist für den Betrieb des Luftentfeuchters und besonders für eine solare Luftanwärmung wichtig.
- Eine neu entwickelte Entfeuchter-Wärmepumpe mit variabler Kompressor-Drehzahl: Eine automatische Einhaltung eines günstigen Betriebszustandes und die Vermeidung einer Verdampfervereisung werden ermöglicht.
- Eine automatische Steuerung von Ventilator und Entfeuchter: Die bestmögliche Ausnutzung eines begrenzten elektrischen Anschlusswerts (50 Ampere) wird gewährleistet. Bei geringer Leistungsaufnahme des Entfeuchters oder dessen automatischer Abschaltung bei gutem Wetter kann damit ein wünschenswerter, verstärkter Luftdurchsatz erreicht werden. Die automatische Steuerung der Betriebsart des Luftentfeuchters je nach Temperatur oder Feuchtigkeit der Außenluft wird über eine elektrisch oder elektrohydraulisch betätigte Umschaltklappe erreicht. Auf diese Weise kann über eine Kombination von Frischluft- und Umluftbetrieb eine hohe Trocknungsleistung erzielt werden.

In *Tabelle 4* findet sich eine Übersicht des Versuchsplanes des Projektes.

Danksagung

Der Fa. Heutrocknung SR sei an dieser Stelle für die kostenlose Bereitstellung der Trocknungsanlage für die Versuchsdauer und fachliche Anregungen bei der Konzeption des Projektes besonders gedankt. Weiterer Dank ergeht an die Projektpartner (Universität für Bodenkultur Wien, DI G. Wirleitner) für ihren Einsatz bei der Planung und Vorbereitung und vorab, für ihre Unterstützung bei der Durchführung, sowie dem BMLFUW für die Genehmigung und Finanzierung dieses Projektes.

Tabelle 4: Versuchsdurchführung Projekt „Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Nährstoffverluste, Futterwert, Milchproduktion, und Milchqualität“ (URDL et al. 2010)

| | | |
|------------------------------|---|--|
| Versuchsvarianten | Silage (Rundballen) = Kontrolle Bodentrocknung Kaltbelüftung Entfeuchtertrocknung | |
| Versuchsdauer | 2 Vegetationsperioden (2010, 2011) | |
| Arbeitspaket | Arbeitsplan / Untersuchungsparameter | |
| Technik | <i>Rein technische Versuche – Versuchsvarianten Entfeuchtertrocknung</i> Betrieb bei unterschiedlichen Leistungsverhältnissen (Gebläse : Wärmepumpe = 1 : 0,5; 1 : 1; 1 : 2) Schnittlänge: ungeschnitten und Kurzschnitt Zwei unterschiedliche Beschickungsvarianten Steuerungsoptimierung im Vollbetrieb mit Nutzung aller Energiequellen (solare Unterdachabsaugung, Entfeuchteranlage) | <i>Herstellung Versuchsfutter für Fütterungsversuche</i> Wetterdaten am Feld (Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit) Arbeitsgänge in Zeitprotokoll (nicht Arbeitszeiten): Mähen / Zetten / Schwaden / Ernten Ertragsermittlung Feldverluste: Bröckel- und Aufnahmeverluste mittels Saugmethode Massenermittlung: Wägung jeder Fuhre (Silage → Rundballen) vor der Einlagerung, bei Entnahme des Versuchsfutters Die Entfeuchtertrocknung erfolgt bei einer fixen Einstellung (Leistungsverhältnis Wärmepumpe : Gebläse) ohne Zuschaltung der Unterdachabsaugung, nur bei Bedarf (Trocknungsfähigkeit der Außenluft) Bypassluftführung |
| Konservierung | Botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes der Versuchsfläche Futterqualität Ausgangsmaterialien / nach der Feldphase (Startphase Konservierungsprozess) / während Konservierungsprozess (7 – 14 – 30 – 60 – 100 – 140 Tage nach Mahd) / Endmaterial (Fütterungsbeginn): chemische, sensorische und NIR-Analyse (inkl. β -Carotin, Zucker) | |
| Mikrobiologie | Heuproben Einfuhr Erntegut: Keimzahl aerobe, mesophile Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwarzepilze, Listerien, sulfitreduzierende Clostridiensporen Dynamik während Konservierungsprozess: Bakterien, Schimmelpilze und Hefen (Proben für Sonderfragen: Schichteffekte, Verstaubung / erdige Verschmutzung, positiver Listerienbefund) | |
| Viehwirtschaftliche Versuche | Fütterungsversuch mit Milchkühen: Lateinisches Quadrat mit 16 Kühen (4 Perioden á je 4 Wochen), reine Heu- bzw. Silagefütterung, Kraftfutter und Mineralstoffergänzung bedarfsgerecht; Einsatz von Pansensensoren (kontinuierliche Messung von pH-Wert und Temperatur) bei pansenfistulierten Kühen Verdauungsversuche mit Hammeln (GfE 1991): Prüffutter = Mischung aller Aufwüchse, nach Erträgen anteilmäßig gewichtet Inkubationsversuche mit pansenfistulierten Ochsen: Trockenmasse- und Nährstoffabbauverhalten <i>in situ</i> von allen Schnitten jeder Versuchsvariante (4 Varianten \times 4 Schnitte = 16 Proben / Versuchsjahr) | |
| Milchqualität | Fettsäurezusammensetzung der Milch aus dem Fütterungsversuch: Proben von allen Versuchskühen in der letzten Woche jeder Periode | |
| Ökonomie | Ökonomische Gesamtbewertung der Verfahren auf der Basis aller in den Exaktversuchen erhobenen Daten | |

5. Literatur

- ADLER, A., 2002: Qualität von Futterkonserven und mikrobielle Kontamination. Bericht, 8. Alpenländisches Expertenforum „Zeitgemäße Futterkonservierung“. BAL Gumpenstein, 17-25.
- ADLER, A., 2009: Orientierungswerte für Keimzahlen in Heu. ALVA-Jahrestagung 2009 „Landwirtschaft – Grundlage der Ernährungssicherung: regional oder global?“, 18.-19. Mai 2009, Tagungsband, 193-195.
- AMMANN, H. und U. WYSS, 2007: Feuchtheu als mögliche Konservierungsart für Raufutter – Feuchtheu im Vergleich mit anderen Konservierungsverfahren. ART-Berichte Nr. 685, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 12 S.
- ARRIGO, Y., 2006: Einfluss der Konservierung auf den Aminosäuregehalt des Futters. Agrarforschung 13 (7), 272-277.
- ARRIGO, Y., 2007: Verdaulichkeit und Mineralstoffgehalte von konserviertem Futter. Agrarforschung 14 (8), 370-375.
- BAUMGARTNER, J., 1987: Heu- und Maistrocknung mit Wärmepumpe. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, Schweiz, FAT Bericht Nr. 324.
- BAUMGARTNER, J., 1989: Heu- und Maistrocknung mit Luftentfeuchter-Wärmepumpe. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, Schweiz, FAT Bericht Nr. 370.
- BAUMGARTNER, J. 1991: Die Heubelüftung von A bis Z. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, Schweiz, FAT, FAT-Bericht Nr. 406 S.1-32
- BAUMGARTNER, J., 1993: Solare Heutrocknung – Tag und Nacht? Technisch fragwürdig wirtschaftlich machbar. Eidg. Forschungsanstalt

- für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, Schweiz, FAT Bericht Nr. 430.
- BAUMGARTNER, J. 1994: Gras trocknen mit Wärmepumpe. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, Schweiz, FAT, FAT-Bericht Nr. 447 S. 1-6.
- BAUMGARTNER, J., 1996: Steuergeräte für die Heubelüftung. Ein breites Angebot lädt zum Stromsparen ein. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, Schweiz, FAT Bericht Nr. 478.
- BAUMGARTNER J., 1997. Ballentrocknen um jeden Preis? Schweizer Landtechnik 10, 14-15.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2009: Grüner Bericht 2009 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, 337 S.
- BORREANI, G., D. GIACCONE, A. MIMOSI und E. TABACCO, 2007: Comparison of hay and haylage from permanent alpine meadows in winter dairy cow diets. *J. Dairy Sci.* 90, 5643-5650.
- BUCHGRABER, K., 2009: Qualitätsveränderungen bei der Lagerung von Silage und Heu. In Bericht: 15. Alpenländisches Expertenforum „Grundfutterqualität - aktuelle Ergebnisse und zukünftige Entwicklungen“, 26. März 2009. Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, 73-79.
- CALDERÓN, F., B. CHAUVEAU-DURIOT, P. PRADEL, B. MARTIN, B. GRAULET, M. DOREAU und P. NOZIÈRE, 2007: Variations in carotenoids, vitamins A and E, and color in cow's plasma and milk following a shift from hay diet to diets containing increasing levels of carotenoids and vitamin E. *J. Dairy Sci.* 90, 5651-5664.
- CAMPBELL, R. 1985: Plant microbiology. Edw. Arnold Publ. Ltd., London.
- DEWHURST, R., K. SHINGFIELD, M. LEE und N. SCOLLAN, 2006: Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 168-206.
- DICKINSON, C.H. 1976: Fungi on the aerial surfaces of higher plants. In: DICKINSON, C.H. und T.F. PREECE (Eds.): *Microbiology of aerial plant surfaces*. Academic Press, London, 293-324.
- DOREAU, M. und A. DIAWARA, 2003: Effect of level of intake on digestion in cows: influence of animal genotype and nature of hay. *Livest. Prod. Sci.* 81, 35-45.
- ELGERSMA, A., S. TAMMINGA und G. ELLEN, 2006: Modifying milk composition through forage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 207-225.
- FORMAYER, H., A. WEBER, S. ECKHARDT, G. VOLK, J. BOXBERGER und H. KROMP-KOLB, 2000: Endbericht zum Projekt „Ermittlung der verfügbaren Feldarbeitstage für die Landwirtschaft in Österreich. BMLF, Wien.
- GINDL, G., 2002: Zeitgemäße Heubereitung und Heuqualität in der Praxis. Bericht über das 8. Alpenländische Expertenforum, 9.-10. April 2002, Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 67-72.
- GLASSER, F., A. FERLAY und Y. CHILLIARD, 2008: Oilseed supplements and fatty acid composition of cow milk: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 91, 4687-4703.
- GREIMEL, M., A. PÖLLINGER und A. STEINWIDDER 1998: Trocknungsanlagen rechnen sich immer seltener, *Fortschrittlicher Landwirt*, Heft 4-1998, Seite 8.
- GRUBER, L. und R. RESCH, 2009: Zur Mineralstoffversorgung von Milchkühen aus dem Grund- und Kraftfutter – Modellrechnungen auf Basis aktueller Analysenergebnisse. 36. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 16.-17. April 2009, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 41-75.
- HILFIKER, J., 1989: Betriebswirtschaftlicher Vergleich zwischen Bodentrocknung und Heubelüftung. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT) Tänikon, FAT-Bericht Nr. 371, 1-7.
- HOLPP, M., 2004: Trocknung von Rundballen – Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit. *Agroscope FAT Tänikon*, FAT Bericht Nr. 616, 12 S.
- LAVILLE-STUDER, K., 1990: Wie wirtschaftlich sind künstliche Trocknungsverfahren? Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT) Tänikon, FAT-Bericht Nr. 384, 1-10.
- LEIBER, F., 2005: Causes and extent of variation in yield, nutritional quality and cheese-making properties of milk by high altitude grazing of dairy cows. Diss. ETH Zürich No. 15735, 132 S.
- LEONARDI, C. und L.E. ARMENTANO, 2003: Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 557-564.
- LUDER, W., 1982: Ermittlung der Erntegelegenheiten und des Verlustrisikos aufgrund von Klimadaten. Abhandlung zur Erlangung der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, Diss. Nr. 6981 S. 37-71.
- McDONALD, P., A.R. HENDERSON und S.J.E. HERON 1991: *The biochemistry of silage*. 2nd ed., Chalcombe Publications, Marlow, Bucks, UK
- NOZIÈRE, P., B. GRAULET, A. LUCAS, B. MARTIN, P. GROLIER und M. DOREAU, 2006a: Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 418-450.
- NOZIÈRE, P., P. GROLIER, D. DURAND, A. FERLAY, P. PRADEL und B. MARTIN, 2006b: Variations in carotenoids, fat-soluble micronutrients, and color in cows' plasma and milk following changes in forage and feeding level. *J. Dairy Sci.* 89, 2634-2648.
- NYDEGGER, F., 1991: Sonnenkollektoren für die Heubelüftung – Planen und Realisieren. FAT-Bericht Nr. 407 S. 1-20.
- NYDEGGER, F., G. WIRLEITNER, J. GALLER, A. PÖLLINGER, L. VAN CAENEGEM, H. WEINGARTMANN und H. WITTMANN, 2009: Qualitätshöhe durch effektive und kostengünstige Belüftung. *Der Fortschrittliche Landwirt, ÖAG-Sonderbeilage 3/2009*, 12 S.
- OTT, A., H. AMMANN, R. HILTY und E. NÄF, 1995: Großballentechnik im Vergleich mit Flachsilo und Heubelüftung. FAT, Tänikon (CH), *Der Fortschrittliche Landwirt, Sonderbeilage Heft Nr. 14*
- PÖLLINGER, A., 2003: Vergleich unterschiedlicher Heutrocknungsverfahren. *Gumpensteiner Bautagung, Tagungsband*, S 63-67.
- PÖLLINGER, A., R. RESCH, F. HANDLER, M. NADLINGER, E. BLUMAUER, H. WEINGARTMANN, J. PAAR, M. DOBRETSBERGER und S. FLECKER, 2008: Rundballenpressen mit variabler Presskammer – Futterqualität bei Silage und Heutrocknung. Abschlussbericht, Projektnr. 3526. LFZ Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irnding, 14 S.
- PÖLLINGER, A., 2009: Gärheu als alternative Konservierungsform für Grünlandfutter. Bericht über das 15. Alpenländische Expertenforum, 26. März 2009, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 67-72.
- PÖTSCH, E.M., A. ADLER, P. PLESS, A. DEUTZ und W. OBRITZHAUSER, 2001: Zum Auftreten von Listerien in Steirischen

- Milchviehbetrieben. Bericht ALVA-Tagung „Landwirtschaftliche Qualitätsprodukte – Basis für hochwertige Nahrungsmittel“. Wolfpassing, 125-126.
- RADAJEWSKI, W., T.G. FRANKLIN, E.J. MCGAHAN, D. GAYDON, S. WOLSKI und F.P. SCHEER, 1994: Economical and technical aspects of hay production, Congress in Milano.
- REISS, J., 1986: Schimmelpilze – Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung. Springer-Verlag Berlin
- RESCH, R., 2007: Neue Futterwerttabellen für den Alpenraum. 34. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 19.-20. April 2007, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2007, 61-75.
- RESCH, R., 2008: Heumeisterschaft 2008 – Erste Ergebnisse. Fütterungsreferententagung, 24.-26. September 2008, Reichersberg, 16 S.
- SCHAEREN, W., J. MAURER und W. LUGINBÜHL, 2005: Kaum Unterschiede zwischen Silo- und silofreier Milch. Agrarforschung 12(1), 34-39.
- SCHULZ, H. und H. MITTERLEITNER, 1987: Techniken zur Erzeugung von Qualitätsheu. Abschlußbericht über ein Entwicklungs- und Erprobungsvorhaben für das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- SHINGFIELD, K.J., S. JAAKOLA und P. HUHTANEN, 2002a: Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on diet digestibility, rumen fermentation, blood metabolite concentrations and nutrient utilisation of dairy cows. Anim. Feed Sci. Technol. 97, 1-21.
- SHINGFIELD, K.J., S. JAAKOLA und P. HUHTANEN, 2002b: Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on intake, feeding behaviour and milk production of dairy cows. Anim. Sci. 74, 383-397.
- SHINGFIELD, K.J., P. SALO-VÄÄNÄNEN, E. PAHKALA, V. TOIVONEN, S. JAAKOLA, V. PIIRONEN und P. HUHTANEN, 2005: Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on the fatty acid composition and vitamin content of cow's milk. J. Dairy Res. 72, 349-361.
- SKOVGAARD, N. und C.-A. MORGEN, 1988: Detection of *Listeria* spp. in faeces from animals, in feeds, and in raw foods of animal origin. Int. J. Food Microbiol. 6, 229-242.
- SLADE, P.J., E.C. FISTROVICI und D.L. COLLINS-THOMPSON 1989: Persistence at source of *Listeria* spp. in raw milk. Int. J. Food Microbiol. 9, 197-203.
- STRAUSS, G. und M. SCHOCH, 2003: Veränderung der mikrobiologischen Heu- und Strohqualität in Rheinland-Pfalz. Kurzfassungen der Referate, 115. VDLUFA-Kongress, Saarbrücken, 152-153.
- TIEFENTHALLER, F., 2009a: Ist Heu als Futtermittel wieder interessant? ALVA-Jahrestagung 2009 „Landwirtschaft – Grundlage der Ernährungssicherung: regional oder global?“, 18.-19. Mai 2009, Tagungsband, 203-205.
- TIEFENTHALLER, F., 2009b: Entwicklung der Qualität von Silagen und Heu im österreichischen Grünland – Konsequenzen für die Fütterungspraxis. Bericht über das 15. Alpenländische Expertenforum, 26. März 2009, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 25-28.
- Van CAENEGEM, L., H. BOLLHALDER, R. DÖRFLER, C. GAZZARIN, F. NYDEGGER, H.-R. OTT, A. PASCA und A. SCHMIDLIN, 2009: Thermische Nutzung von In-Dach-Photovoltaikanlagen. Wärme für Trocknungszwecke nutzen und gleichzeitig mehr Strom produzieren. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen, FAT Bericht Nr. 709.
- VERBIČ, J., E.R. ØRSKOV, J. ŽGAJNAR, X.B. CHEN und V. ŽNIDARŠIČ-PONGRAC, 1999: The effect of forage preservation on the protein degradability and microbial protein synthesis in the rumen. Anim. Feed Sci. Technol. 82, 195-212.
- VERDIER-METZ, I., J.-B. COULON, P. PRADEL, C. VIALLOU und J.-L. BERDANGUÉ, 1998: Effect of forage conservation (hay or silage) and cow breed on the coagulation properties of milks and on the characteristics of ripened cheeses. J. Dairy Res. 65, 9-21.
- VLAEMINCK, B., V. FIEVEZ, A. CABRITA, A. FONSECA und R. DEWHURST, 2006: Factros affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. Anim Feed Sci. Technol. 131, 389-417.
- WEINGARTMANN, H. und HUBER, 1985: Ist die Heubelüftung mit solarer Luftanwärmung wirtschaftlich? Praktische Landtechnik 38, 170-174.
- WEINGARTMANN, H., 1988: Solarenergienutzung bei der Unterdachd Trocknung von Welkheu. Landtechnische Schriftenreihe des ÖKL, H. 149
- WEINGARTMANN, H., 1989: Heubelüftung mit solarer Luftanwärmung. Landtechnik (BRD), 44, H. 4
- WEINGARTMANN, H., 1990: Probleme der Rundballenkette bei Heu. Praktische Landtechnik Nr. 5, S. 3-4
- WEINGARTMANN, H., 2002: Technik und Perspektiven in der Heutrocknung. 8. Alpenländisches Expertenforum, 9.-10. April 2002, Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irndning, 63-65.
- WYSS, U., I. MOREL und M. COLLOMB, 2007: Einfluss der Verfütterung von Grünfütter und dessen Konserven auf das Fettsäurenmuster von Milch. Bericht über das 13. Alpenländische Expertenforum, 29. März 2007, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 15-20.