

# Wirtschaftliche Bewertung von Heutrocknung und Silierung in der Milchproduktion

Economic evaluation of hay drying and ensiling in milk production

**Christian Fritz**

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein, Irnding, Austria

*Correspondence to:* christian.fritz@raumberg-gumpenstein.at

Received: 15 Dezember 2017 – Revised: 22 Mai 2018 – Accepted: 11 Juli 2018 – Published: 12 Dezember 2018

## Zusammenfassung

Die wirtschaftlichen Unterschiede zwischen Bodenheu, Kaltbelüftungsheu, Entfeuchterheu und Grassilage werden auf Basis der Ergebnisse eines dreijährigen Konservierungs- und Fütterungsversuches an der Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein untersucht. Die Modellkalkulation erfolgt, ausgehend vom identen Wiesenbestand und Mahdzeitpunkt, über den gesamten Produktionsprozess von der Ernte über die Verluste bis zur Milchleistung anhand der Wirkungen je Fläche und Jahr. Der Einsatz einer Belüftungs- oder Silierungstechnik bringt höhere Milcherlöse, bei höheren Kosten der beiden Belüftungsverfahren. Die Gesamterlöse und die Erlös-Kosten-Differenz der modernen Verfahren hängen weniger von der Technikwahl, sondern mehr vom Heumilchzuschlag und der Flächenprämie für einen Silageverzicht ab. Der betriebswirtschaftlich insgesamt maßgebliche Vorteil entsteht durch die Reduktion des Wetter- und Ertragsrisikos.

**Schlagerworte:** Wirtschaftlichkeit der Futterkonservierung, Ernteverluste, Grundfutterkosten, Belüftungsheu, Grassilage

## Summary

The economic differences between field-dried hay, artificially ventilated hay, dehumidifier-dried hay and grass silage are examined based on the results of a three-year conservation and feeding study at the research institute Raumberg-Gumpenstein. The model calculation starts from the identical meadow and date of mowing. It covers the entire process from harvesting and losses to milk yield based on the effects per area and year. Ventilation and ensiling technology show a higher milk yield, with higher costs of ventilation. Total revenues and revenue-cost-difference of modern methods do less depend on technology choice, but more on hay milk premium and area premium. The key economic advantage results from the reduction of weather and harvest risks.

**Keywords:** efficiency of forage conservation, harvesting losses, staple feed costs, ventilated hay, grass silage

## 1 Einleitung

Die Grundfutterkonservierung ist im Alpenraum Voraussetzung für eine ganzjährige Wiederkäuerfütterung. Für Betriebe stellt sich die Frage nach der langfristigen Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Konservierungsverfahren, und zwar vor dem Hintergrund der technischen Entwicklung und der Dynamik auf den Märkten. Die Techniken und Kompeten-

zen für eine Silagebereitung wurden kontinuierlich verbessert, in der Unterdachtrocknung sind im letzten Jahrzehnt deutliche Entwicklungsschritte erfolgt. Trocknungsanlagen ermöglichen mittlerweile volle Flexibilität in der Grünfütterbereitung, und der Markt für Heumilch hat deutlich zugelegt. In der Praxis werden verschiedene Gründe für die ökonomische Rentabilität der Belüftungstroeknung genannt: Erweiterte Erntegelegenheiten, weniger Wetterrisiko und Brö-

ckelverluste, höhere Lagerstabilität, höhere Futteraufnahme und Milchleistung, sowie der höhere Milchpreis und mehr Förderung. Vor diesem Hintergrund geht die vorliegende Arbeit der Forschungsfrage nach, inwiefern sich die Grundfuttereffizienz und die betrieblichen Kosten und Erlöse von Bodenheutrocknung, Belüftungsheutrocknung und Silierung unterscheiden.

### 1.1 Faktoren der Wirtschaftlichkeit

In der Grünlandwirtschaft kommt dem Grundfutterertrag bei ansprechender Futterqualität eine hohe Bedeutung zu. Das Ernte- und Konservierungsverfahren beeinflussen den Ertrag, und zwar bestimmt der benötigte Abtrocknungsgrad am Feld über die Erntegelegenheit zum angestrebten Vegetationsstadium, über die Feld- und Lagerverluste und schließlich über Futterqualität und Futterertrag. Technikseitig bestehen insbesondere unterschiedliche Investitionskosten für das Futterlager, und gegebenenfalls Kosten für die Trocknungsanlage und die Trocknungsenergie.<sup>1</sup> Auf Seiten der Absatzmärkte ist für die Belüftungsverfahren

die Entwicklung am Heumilch- beziehungsweise Hartkäsemarkt relevant. Betriebe mit der Möglichkeit zur Anlieferung von Heumilch profitieren durch höhere Milcherlöse (Heumilchzuschlag). Die in Österreich angelieferte Heumilchmenge ist im Zeitraum 2008 bis 2016 um durchschnittlich 4 % p.a. gestiegen, der Preiszuschlag um 13 % p.a. auf 5,7 Ct. brutto pro kg Milch. Überdies besteht eine Förderungsmöglichkeit mit dem ÖPUL-Silageverzicht (dz. € 150 pro ha).<sup>2</sup>

### 1.2 Literaturüberblick

Vollkosten-Auswertungen in der Schweiz zeigen etwa gleich hohe Kosten von Bodenheu, Belüftungsheu und Grassilage (am Flachsilo) je Grundfuttermenge. Deutsche Auswertungen und Berechnungen zeigen höhere Vollkosten für Heu, in der Größenordnung zwischen ca. € 100 bis € 400 je ha bzw. ca. Ct. 1 bis Ct. 2 je MJ NEL (Over, 2009; Dilger und Faulhaber, 2006). Eine Modellkalkulation ergibt bei Bodenheu geringere, bei Belüftungsheu höhere und beim Flachsilo mittlere Kosten je Hektar, bzw. bei Bodenheu höhere, bei

Tabelle 1: Literaturüberblick Vollkosten der Verfahren, Auswertungen und Modellrechnungen<sup>3</sup>

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Warmluft / Entfeuchter	Grassilage Fahrsilo
<b>Sutter und Reidy, 2013, Vollkostenauswertung 2010-2012</b>				
[Fr. / t TM]	450	470		450
<b>Stettler, 2011, Vollkostenauswertung 2005-2011</b>				
[Fr. / t TM]	460	460		470
<b>Over, 2009, Vollkostenauswertung, Heu 3-Schnitt, Silage 3 bis 4-Schnitt; 8 bzw. 8,5 t / ha brutto</b>				
[€ / ha]		1.695		1.599
[Ct / MJ NEL]		5,2		3,4
<b>Dilger und Faulhaber, 2006, Vollkosten-Modellrechnung, 4-Schnitt, 10 t / ha</b>				
[€ / ha]	2.006	1.882	2.098	1.707
[€ / t Heu]	216	197	215	–
[Ct / MJ NEL]	4,8	4,1	4,3	3,3
[€ / ha]		1.695		1.599
[Ct / MJ NEL]		5,2		3,4
<b>Zimmermann, 2007, Produktionskostenmodell</b>				
[Fr. / ha]	5.619	8.077		6.509
[Rp. / MJ NEL]	1,2	1,1		0,9

Quelle: Eigene Zusammenstellung

1 Insbesondere Schwankungen bei den Energiepreisen würden sich auf die Kosten der Heubelüftung auswirken. Die für eine Warmbelüftung beziehungsweise Entfeuchertrocknung wesentlichen Biomasse- und Strompreise sind aber langjährig weitgehend stabil.

2 Im Jahr 2015 nahmen in Österreich 10.887 Betriebe am ÖPUL-Silageverzicht teil und 5.143 Betriebe lieferten Heumilch an eine österreichische Molkerei (BMLFUW, 2017).

3 Eigene Darstellung, Quellen siehe Tabelle.

Belüftungsheu mittlere und beim Flachsilo geringere Kosten je MJ NEL (Zimmermann, 2007).<sup>4</sup>

Ein an der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein durchgeführter Vergleich zeigt, dass eine Heubelüftung unter Dach gegenüber einer Bodentrocknung weniger Bröckelverluste, weniger Lagerverluste und eine höhere Futterqualität ermöglicht (Pöllinger, 2015; Resch, 2015; Gruber et al., 2015). Bei Heufütterung zeigte sich eine höhere Futteraufnahme und Milchleistung pro Einzeltier gegenüber einer Silagefütterung, was in Einklang mit zahlreichen anderen Versuchen steht (Fasching et al., 2015).<sup>5</sup>

## 2 Datenmaterial und Methodik

Die Versuchsergebnisse eines Ernte-, Konservierungs- und Fütterungsversuch in Raumberg-Gumpenstein in den Jahren 2010 bis 2012 dienen als zentraler Ausgangspunkt für den ökonomischen Vergleich in diesem Beitrag.

### 2.1 Versuchsbeschreibung

Im Versuchsdesign wurden folgende Verfahren verglichen und die gewonnenen Futterkonserven über drei Jahre in der Milchproduktion verfüttert: (1) Bodentrocknung am Feld, (2) Unterdachtrocknung mit Ventilator-Kaltbelüftung am Heulager, (3) Unterdachtrocknung mittels Entfeuchter in Kombination mit solarer Luftanwärmung und (4) Silage-

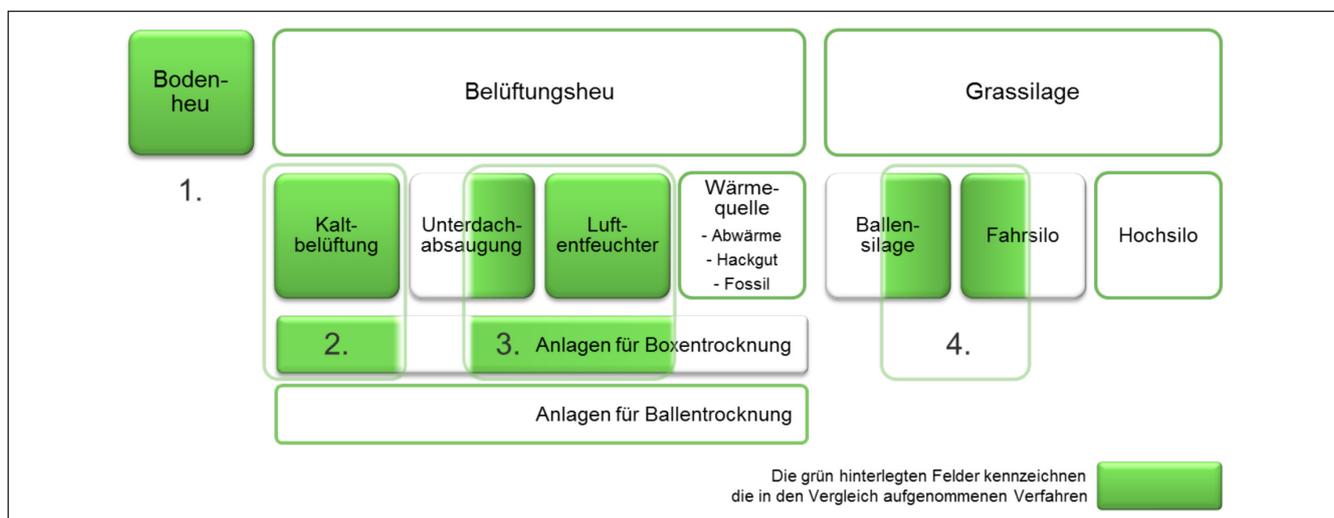
konservierung in Rundballen (Abbildung 1). Gegenstand der Untersuchung waren Effekte im Prozess von der Futterwerbung (Pöllinger, 2015) über die Konservierung (Resch, 2015; Gruber et al., 2015) bis zur Fütterung und Milchproduktion (Fasching et al., 2015). Die Grassilage wurde in Hinblick auf die Futterqualität als Ballensilage ausgeführt, wobei in der ökonomischen Auswertung die geringeren Kosten eines Fahrsilo-Systems bewertet werden, um einen Vergleich zur Boxentrocknung zu ermöglichen.<sup>6</sup>

Um sicherzustellen, dass Effekte aus dem Konservierungsverfahren und nicht aus dem Vegetationsstadium resultieren, wurde der gleiche Schnitzeitpunkt für jede Konservierungsform gewählt. Das Versuchsfutter stammt von einer 11 ha großen Dauerwiese in 4-Schnitt-Nutzung im Ennstal. Die Nutzung erfolgte im Jahresmittel am 23. Mai, 1. Juli, 15. August und 23. September. Der Trockenmasseertrag verteilt sich auf die Schnitte mit 24, 27, 29 und 20 % (Gruber et al., 2015). Die Fütterung erfolgte nach 6 Monaten Lagerungsdauer nach dem Versuchsdesign eines lateinischen Quadrates über einen Zeitraum von 4 × 4 Wochen an Kühe mit Ø 624 kg Lebendmasse. Die Grundfuttermittelgabe erfolgte ad libitum und die Kraftfuttermittelgabe betrug 20 % der Trockenmasse-Aufnahme (Fasching et al., 2015).

### 2.2 Modellbeschreibung

Die ökonomische Betrachtung erfolgt als modellhafter Vergleich für einen fiktiven Milchkuhbetrieb (ohne Nachzucht)

Abbildung 1: Konservierungsverfahren im Vergleich



Quelle: Eigene Darstellung; angelehnt an Bohne, 2016

4 Auf Ebene der Grundfutterleistung zeigt eine Befragungsstudie gegenüber der Kaltbelüftung bei Bodenheutrocknung eine um 750 kg geringere und bei Belüftungsheutrocknung eine um 430 kg höhere Milchleistung (Kirner, L., Kittl, M. und Lindner, G. in BMLFUW, 2017).  
 5 Fasching et al. (2015) diskutieren sieben unterschiedliche Literaturquellen bzw. Versuche, von denen sechs zu dem Ergebnis kommen, dass die Gesamtfutteraufnahme bei (unter guten Bedingungen getrocknetem) Heu höher ist als bei Silage.

6 Es werden also die Heuvarianten mit „einer gut gemachten Silage“ am Fahrsilo verglichen.

Tabelle 2: Daten aus dem dreijährigen Versuch (Mittelwerte)

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
TM-Gehalt bei der Einfuhr [%]	78	71	62	38
Feldliegedauer [h] (Gruber et al., 2015)	45	33	24	11
Zett- und Wendevorgänge (Pöllinger, 2015)	4	3	2	1
Bröckel- und Rechverluste [kg TM / ha / a] (Pöllinger, 2014)	1.479	1.087	784	618
Energieeinsatz elektrisch [kWh / t Heu] (Pöllinger, 2015)	0	80	170	0
Energiegehalt [MJ NEL / kg TM] bei Einfuhr am Lager am 190. Tag (Resch, 2015)	5,8	5,9	5,9	5,9
bei Fütterung (Fasching et al., 2015)	5,4	5,6	5,7	5,6
	5,51	5,75	5,72	5,69
Futtermittelaufnahme				
Grundfutter [kg TM / d]	15,4	15,8	15,8	14,6
Grundfutter [MJ NEL / d]	85	90	90	83
Krafftutter [kg TM / d] (Fasching et al., 2015)	3,9	3,9	4,0	3,8
Milchleistung [kg / Kuh / d]				
aus Grundfutter	15,4	15,8	15,8	14,6
aus Gesamtfutter (Fasching et al., 2015)	25,4	27,2	27,3	24,5

Quelle: Eigene Darstellung, Daten Pöllinger, 2014, 2015; Resch, 2015; Gruber et al., 2015; Fasching et al., 2015.

anhand der Leistungen und Kosten je Fläche und Jahr.<sup>7</sup> Berechnungsbasis sind die Versuchsparameter und -ergebnisse für Futterertrag und Milchleistung. Hinzu kommen Annahmen über die erforderlichen Investitionskosten und Arbeitsschritte, die mit dem jeweiligen Verfahren auf einem Grünlandbetrieb mit 18 ha verbunden wären. Um den alleinigen Effekt des Konservierungsverfahrens zu zeigen, erfolgt die Konservierungsfütterung für 365 Tage, bei 305 Tagen Laktation und 60 Tagen Trockenstehzeit.

Verglichen werden die Unterschiede in den Gesamtkosten der Grundfutterproduktion und in den Erlösen aus Milchverkauf und ÖPUL-Prämie.<sup>8</sup> Als fixe Kosten berücksichtigt werden die Abschreibungen für das Futterlager inklusive der Differenz zwischen Heuhalle und Fahrsilo, für die Maschinen und für die Trocknungsanlage (Trocknungsbox und Trocknungstechnik); überdies die variablen Kosten für Feldarbeit, Lagerarbeit, Trocknungsenergie und Krafftutter.

7 Die Berechnung soll hauptsächlich den Unterschied zwischen den Verfahren beschreiben, und weniger die Details zu den jeweiligen Produktionskosten. Hauptkennzahlen sind die Flächenproduktivität (kg Milch pro ha) und die Erlös-Kosten-Differenz je Fläche (€ pro ha).

8 Die Kosten- und Erlöse werden nicht absolut, sondern als Differenz zum Kaltbelüftungsverfahren dargestellt. Das Kaltbelüftungsverfahren kann insofern als Referenz dienen, als es in sehr vielen Regionen des Alpenraums eine kostengünstige Variante dafür darstellt, zumindest eine grundlegende Absicherung gegenüber Witterungsrisiken zu erzielen. Die Methode der Differenzrechnung bietet den Vorteil, möglichst wenig zusätzliche Annahmen über den unterstellten Betrieb treffen zu müssen, und den Vergleich der Verfahren unter sonst gleichen Bedingungen anstellen zu können.

Andere Leistungs- und Kostenunterschiede (z.B. Tiergesundheit, Remontierung, Stallplätze, Arbeitszufriedenheit) fließen nicht ein.

Zur Vervollständigung der Kalkulationsbasis werden folgende Annahmen getroffen: Die Kosten pro Wendevorgang betragen € 6,58 (Eigenmechanisierung) und 0,30 Akh (Arbeitsaufwand) pro Hektar und Jahr (AWI 2017). Der Aufwand für die Einfuhr und Einlagerung beträgt 8,68 Akh (Bodenheu), 8,15 Akh (Kaltbelüftungsheu), 7,62 Akh (Warmbelüftungsheu) und 7,40 Akh (Silage) zuzüglich 0,50 Akh für das Auslagern der Trocknungsbox, jeweils pro Hektar und Jahr (Greimel und Handler, 2004). Der Silounterhalt wird mit € 24 pro Hektar und Jahr veranschlagt. Die Preise betragen € 12 pro Arbeitskraftstunde, € 1,25 pro Liter Diesel, € 0,18 pro kWh Strom, € 0,30 pro kg Krafftutter, € 0,34 pro Liter ECM und € 0,057 Heumilchzuschlag.<sup>9</sup> Der Futterabraum wird mit 5 % und der Verkaufsanteil der Milch mit 93 % veranschlagt.

Die Investitionskosten werden für die Kaltbelüftungsanlage mit € 400 und für die Entfeuchteranlage mit € 2.500, sowie für die bauliche Anlage der Trocknungsbox inklusive Luftkanäle mit jeweils € 1.000 pro Hektar angenommen

9 Der für die Kalkulation angenommene Milchpreis entspricht dem gewichteten Fünfjahresdurchschnitt (2 % p.a.) aller Milchsorten und Qualitäten ab Hof bei natürlichem Fettgehalt (BMLFUW, 2017). Für den Heumilchzuschlag wurde aufgrund der langjährig steigenden Tendenz nicht der Fünfjahresdurchschnitt sondern der aktuelle Preiszuschlag verwendet (AMA, 2017).

(KTBL, 2017; Pöllinger, 2015; Kittl und Lindner, 2016).<sup>10</sup> Die Abschreibung erfolgt auf 15 Jahre mit 2% Reparatur (technisch) bzw. 30 Jahre mit 1% Reparatur (baulich) bei 2,5 % Zinssatz und 0,2 % Versicherung. Die Baukörperabschreibung wird pro Hektar und Jahr anhand von Literaturwerten mit € 135 für die Heulagerhalle und € 72 für die Fahrsilanlage bewertet (Dilger und Faulhaber, 2006; Over, 2009). Die Unterschiede zwischen den Konservierungsverfahren in den Maschinenkosten werden mit Null angenommen (ebd.; Sutter und Reidy, 2013; Stettler, 2011 zit. n. Blättler, 2015).

### 2.3 Versuchsdaten

Die Versuchsdaten werden in Tabelle 2 anhand der Jahresmittelwerte dargestellt. Bei der Ernte galt es in Abhängigkeit des Verfahrens verschiedene Trockenmassegehalte zu erzielen, woraus unterschiedliche Feldphasen resultieren. Für die beiden Belüftungsvarianten wurde der elektrische Energieeinsatz gemessen. Der Energiegehalt der Futtermittel wurde bei Ernte, Lagerung und Fütterung untersucht. Bei der Fütterung wurden die Futteraufnahme und die Milchleistung erhoben.<sup>11</sup>

## 3 Bewertung der Versuchsergebnisse

Für den Grundfutterertrag und die Milchleistung zeigen die Versuchsdaten drei Effekte, die miteinander in Zusammenhang stehen, da die Feldphase die Ausgangsbedingungen am Lager und in weiterer Folge die Qualität zum Fütterungszeitpunkt und die Milchleistung mitbestimmt. Als Ausgangspunkt wird der Ernteertrag zum Zeitpunkt der Mahd angenommen.<sup>12</sup> Die Verlustwerte orientieren sich am Versuch und werden eher moderat angenommen, sie können also in der Praxis durchwegs höher liegen.

### 3.1 Ernte- und Lagerungseffekt

Der erste Effekt betrifft die Unterschiede in den Atmungs-, Witterungs- und Bröckelverlusten bei der Ernte, aufgrund der unterschiedlichen Feldliegezeiten, Bearbeitungsgänge

und Feinblattgehalte.<sup>13</sup> Bedeutende Verfahrensunterschiede liegen in den mechanischen Verlusten durch die Wendevorgänge, gefolgt von Atmungsverlusten an Trockenmasse (Tabelle 3). Verluste im Energiegehalt nehmen eine untergeordnete Rolle ein. Die Ertragswerte zur Einfuhr (Einlagerung) ergeben sich aus den Verlustwerten und korrespondieren mit den Messwerten im Versuch (Resch, 2015). Gegenüber dem Kaltbelüftungsverfahren sind die Energieverluste bis zur Einfuhr bei Bodentrocknung um 30 % höher, bei Entfeuchterrocknung um 25 % geringer und bei Silierung um 50 % geringer. Die Verlustwerte entsprechen Angaben in der Literatur.<sup>14</sup>

Als zweiter Effekt unterscheiden sich die Lagerungsverläufe je nach Konservierungsart (Trocknung/Vergärung) und Trocknungstechnik.<sup>15</sup> Die Verluste an absoluter Trockenmasse am Lager werden anhand des Verlaufs der schwer fermentierbaren Futtermittelinhaltsstoffe Lignin und Rohfaser (Resch, 2015) und anhand von Literaturdaten mit 3 % der Trockenmasse für die Heukonservierung und 8 % der Trockenmasse für die Gärverluste und Nacherwärmung der Silagekonservierung veranschlagt (Steinwidder et al., 2017; Dilger und Faulhaber, 2006). Hinzu kommen 0,5 % Reste am Lager. Der gemessene Energiegehalt sank im Mittel der Varianten um 0,2 MJ NEL / kg Trockenmasse (Resch, 2015; Gruber et al., 2015). In Summe beträgt der Energieverlust am Lager für Bodenheu 9 %, für Kaltbelüftungs- und Entfeucht-

10 Die Investitionskosten pro Hektar dürfen nicht für Planungszwecke hochgerechnet werden, da sie sich als Fixkosten nicht proportional zur Fläche verhalten. Sie stellen lediglich einen Durchschnittswert für einen 18 ha Betrieb zum Zwecke der Modellrechnung dar.

11 Da die tatsächliche Milchleistung aufgrund der kurzen Periodenlänge im Versuch von vier Wochen nicht vollständig mit dem Milchleistungswert der Konservierungsvariante übereinstimmen muss (vgl. Kapitel 2.1 Versuchsbeschreibung), wurde in den nachfolgenden Kalkulationen der Milchproduktionswert der Ration verwendet.

12 Die Berechnung der Ertragsmenge von 7.913 kg TM / ha wurde mit Ertragsdaten aus einem anderen Versuchsprojekt abgeglichen. Der mittlere Energiegehalt liegt ausgehend von den Messdaten im Konservierungsversuch, die für alle Versuchsjahre und Aufwüchse am Mähschwad erhoben wurden, bei 6,0 MJ NEL / kg TM (Resch, persönliche Mitteilung).

13 Die Atmungsverluste entstehen durch Enzymtätigkeit in den noch lebenden Zellen. Sie wurden anhand von Messwerten aus dem Versuch (Energiegehalt) und mit Hilfe von Werten aus der Literatur (Dulphy, 1987) abgeschätzt. Der Trockenmassegehalt bei der Mahd wurde mit 20 % angenommen, mögliche Atmungsverluste bis zu einem Trockenmassegehalt von 70 % (sofern das Futter im Verfahren nicht bereits vorher geerntet wurde), wobei die Verluste im Verlauf der Trocknung geringer wird. Dulphy gibt in einer Literaturübersicht folgende Richtwerte für Trockenmasse-Verluste an: (a) ca. 0,15 % je gewonnenem Trockenmasse %-Punkt, (b) 0,05 bis 0,30 % der anfänglichen Trockenmasse pro Stunde, bzw. (c) 2 bis 3 % bei günstiger Witterung (2. und 3. Schnitt) und 8 bis 10 % bei ungünstiger Witterung (1. und 4. Schnitt) (Dulphy, 1987). Die Atmungsverluste wurden anhand gemäß (a), (b) und (c) und anhand der Feldliegedauer, der TM-Gehalte zur Ernte und der Energiegehalte zur Einfuhr (Tabelle 2) abgeschätzt. Die Witterungsverluste werden mit Null angenommen. Die Bröckel- und Rechverluste wurden im Versuch über drei Jahre bei allen Schnitten mittels Saugmethode gemessen (Pöllinger, 2015).

14 Bohne gibt Bröckelverluste von ca. 10 % bei einmal Wenden, ca. 15 % bei zweimal Wenden, ca. 23 % bei dreimal Wenden und ca. 30 % bei viermal Wenden an (Bohne, 2016). Die Werte beziehen sich auf die im Versuch verwendete Zapfwellendrehzahl zwischen 480 U/min beim Breitstreuen und 380 U/min beim letzten Wendevorgang (Pöllinger, 2015). Die Verluste setzen sich zusammen aus Verlusten von 2,2 % bis 4,4 % beim Mähen, 6 % bis 20 % beim Zetten und Wenden und 5 % bis 15 % beim Schwaden, jeweils in Relation zum Gesamtertrag (Bohne, 2016).

15 Sie werden primär durch mikrobiologische Umsetzungsprozesse (Fermentation) bestimmt. Bei Silagekonservierung fermentieren die Mikroben insbesondere die leicht verfügbaren Kohlenhydrate und reduzieren so die für den Wiederkäuer verfügbare Energie im Futter und setzen seine Verdaulichkeit herab (Gruber et al., 2015). Auch am Heulager führt die mikrobiologische Aktivität zu Verlusten, am stärksten beim Bodenheu (Resch, 2015).

Tabelle 3: Ertrag bei Mahd, bei Einfuhr und am Futtertisch; Verluste am Feld und am Lager

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
<b>Ertrag bei Mahd</b>				
TM [kg TM / ha]			7.913	
Energiegehalt [MJ NEL / kg TM]			6,0	
Energie [MJ NEL / ha]			47.475	
<b>Ernteverluste zwischen Mahd und Einfuhr</b>				
Atmungsverluste, pro TM (Abschätzung) [%]	6	5	4	2
Atmungsverluste, pro NEL (Ann. 1/5 der TM-Verluste) [%]	1,2	1,0	0,8	0,4
Bröckel- u. Rechverluste, pro TM [%]	19	14	10	8
Bröckel- und Rechverluste pro NEL (Ann. 1/10 der TM-Verluste) [%]	1,9	1,4	1,0	0,8
Trockenmasse [ %]	25	19	14	10
Energiegehalt [ %]	3	3	2	1
Energie [ %]	27	21	15	11
<b>Ertrag bei Einfuhr</b>				
Trockenmasse [kg TM / ha]	5.959	6.430	6.812	7.136
Energiegehalt [MJ NEL / kg TM]	5,82	5,86	5,89	5,92
Energie [MJ NEL / ha]	34.655	37.633	40.140	42.312
<b>Lagerverluste zwischen Einfuhr und Futtertisch</b>				
Trockenmasseverlust				
Konservierungsverluste [ %]	3	3	3	8
Mechanische Verluste [ %]	0,5	0,5	0,5	0,5
Energiegehaltsverlust [MJ NEL]	0,3	0,2	0,2	0,2
Energiegehaltsverlust [ %]	5	3	3	4
Energieverlust [MJ NEL]	2.972	1.986	2.539	5.158
Energieverlust [ %]	9	5	6	12
<b>Ertragsverluste zwischen Mahd und Futtertisch</b>				
Trockenmasse [ %]	27	22	17	17
Energiegehalt [ %]	8	4	5	5
Energie [ %]	33	25	21	22
Energie [MJ NEL / ha]	15.791	11.797	9.874	10.321
<b>Ertrag am Futtertisch</b>				
Trockenmasse [kg TM / ha]	5.750	6.205	6.574	6.530
Energiegehalt [MJ NEL / kg TM]	5,51	5,75	5,72	5,69
Energie [MJ NEL / ha]	31.684	35.678	37.601	37.154

Quelle: Eigene Darstellung und Kalkulation, Daten Pöllinger, 2014; Resch, 2015; Gruber et al., 2015; Kennlinien Feldverluste Dulphy, 1987

erheu 5 % bis 6 % und für die Silage ca. 12 %. Demnach treten bei Futtermitteln die mit hohen Gehaltswerten ins Lager gehen vergleichsweise hohe Konservierungsverluste auf.

Als Summe von Ernte und Lagerung betragen die Verluste bei Bodenheuerwerb 33 %, bei Kaltbelüftung 25 % und beim Entfeuchter- und Silageverfahren jeweils ca. 20 %. In Relation zum Kaltbelüftungsverfahren sind die Verluste beim Bodenheu um 30 % höher, bei Entfeuchterheu um 16 % geringer und bei Grassilage um 13 % geringer.

### 3.2 Fütterungs- und Milchleistungseffekt

Die Konservierungsvarianten unterscheiden sich in der Futter- und Energieaufnahme, primär aufgrund unterschiedlicher Verdaulichkeit. Die Versuchsergebnisse werden als Mittelwerte interpretiert und über den Laktationszeitraum hochgerechnet.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Der Futterbedarf für die Trockenstezeit wurde auf Basis der Versorgungsempfehlungen GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen) berechnet.

Tabelle 4: Futteraufnahme und Milchleistung

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
Grundfutter Laktation [kg TM / Kuh]	4.703	4.816	4.810	4.462
[MJ NEL / Kuh]	25.864	27.572	27.420	25.437
Grundfutter Trockenstezeit [kg TM / Kuh]	558	536	539	540
Krafftutter [kg TM / Kuh]	1.193	1.186	1.211	1.150
Grundfutter gesamt [kg TM / Kuh]	5.261	5.352	5.349	5.002
[MJ NEL / Kuh]	28.937	30.653	30.504	28.510
Milchleistung pro Kuh aus Gesamtfutter [kg / Kuh]	7.747	8.296	8.327	7.473

Quelle: Eigene Darstellung und Kalkulation; Daten Fasching et al., 2015

Tabelle 5: Flächenproduktivität für Grundfutter bei gleichem Krafftutteranteil

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
Grundfütterertrag, abzgl. 5 % Futterrest [MJ NEL / ha]	30.099	33.894	35.721	35.296
Besatzdichte [Kühe / ha]	1,04	1,11	1,17	1,24
Milchproduktion pro Fläche [kg / ha]	8.058	9.173	9.751	9.251

Quelle: Eigene Darstellung und Kalkulation; Daten Pöllinger, 2014; Resch, 2015; Gruber et al., 2015; Fasching et al., 2015

Die jährliche Energieaufnahme aus Grundfutter liegt gegenüber dem Kaltbelüftungsheu bei Bodenheu um 6 % geringer, bei Entfeuchterheu gleich auf und bei Silage um 7 % geringer. Die Krafftuttermenge liegt bei ca. 1.200 kg pro Kuh und Jahr und variiert nur gering. Aus den Unterschieden in der Energieaufnahme resultieren unterschiedliche Milchleistungen der einzelnen Konservierungsverfahren. Verglichen mit der Kaltbelüftungsvariante ist die jährliche Einzeltierleistung bei Bodenheufütterung um ca. 500 kg und bei Silagefütterung um ca. 800 kg geringer.<sup>17</sup>

#### 4 Ergebnisse zur Wirtschaftlichkeit

Im ökonomischen Vergleich der Konservierungsverfahren sind die Einzeltierleistungen ein Aspekt der Berechnung. Für eine Gesamtbeurteilung sind auch die Flächenwirtschaftlichkeit und die zusätzlichen Kosten und Leistungen eines Verfahrens von Interesse. Diese drücken sich in der Flächenpro-

duktivität (kg Milch pro ha) und der Erlös-Kosten-Differenz (€ pro ha) aus.

##### 4.1 Flächenproduktivität der Verfahren

Als Bewertungsgröße wird die Milchleistung je benötigter Grundfutterfläche herangezogen. Mit der Besatzdichte (Kühe pro Fläche) wird der Grundfutter-Energieertrag der einzelnen Konservierungsverfahren abzgl. 5 % Futterrest in Relation zur jeweiligen Futteraufnahme der Kühe gesetzt. Erst die resultierende Milchproduktion pro Fläche zeigt damit die Effekte von Ernte, Lagerung und Fütterung in Summe.

Die Bodenheuwerbung liegt in der Flächenleistung ca. 1.100 kg unter dem Kaltbelüftungsverfahren, das Entfeuchterverfahren um ca. 600 kg und das Silageverfahren um ca. 100 kg höher. Das Silageverfahren weist die höchste Besatzdichte auf, da sowohl die Konservierungsverluste als auch die Futteraufnahme gering sind. Der Effekt der geringen Milchleistung je Einzeltier wird durch die höhere Besatzdichte weitgehend kompensiert. Beim Entfeuchterheu ist die Futteraufnahme ähnlich wie beim Kaltbelüftungsheu, die Verluste sind aber um ca. 2.000 MJ NEL geringer, und damit die Besatzdichte höher.

<sup>17</sup> Die höhere Milchleistung bei Bodenheufütterung gegenüber Silagefütterung resultiert aus der höheren Grundfutteraufnahme bei der Bodenheufütterung (vgl. Tabelle 2). In Abschnitt 1.2 wurde bereits auf die Übereinstimmung mit anderen Versuchen und die Literaturdiskussion bei Fasching et al., 2015 hingewiesen.

Tabelle 6: Unterschiede in den Kosten und Leistungen der Verfahren, Überblick (gerundet)

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
Erlös Milch [€ / ha]	3.200	3.640	3.870	3.150
€ 0,34 je kg Grundpreis	2.740	3.120	3.320	3.150
€ 0,057 je kg Heumilchzuschlag	460	520	560	0
Kosten Grundfutter <sup>18</sup>				
Je Fläche [€ / ha]	1.630	1.770	2.120	1.520
Je Energieertrag [Ct / MJ NEL]	5,1	5,0	5,6	4,1
Je Trockenmasse [€ / t TM]	283	285	323	233
Erlösdifferenz [€ / ha]				
zur Kaltbelüftung				
ohne Zuschlag, ohne Prämie	- 380	0	+ 200	+ 30
mit Zuschlag, mit Prämie	- 440	0	+ 230	- 650
Kostendifferenz [€ / ha] zur Kaltbelüftung	- 140	0	+ 340	- 240
Erlös-Kosten-Differenz [€ / ha]				
zur Kaltbelüftung				
ohne Zuschlag, ohne Prämie	- 230	0	- 150	+ 280
mit Zuschlag, mit Prämie	- 290	0	- 120	- 390

Quelle: Eigene Darstellung und Kalkulation; Daten Pöllinger 2014; Resch, 2015; Gruber et al., 2015; Fasching et al., 2015

#### 4.2 Kosten- und Erlösdifferenz zwischen den Verfahren

Tabelle 6 zeigt die Unterschiede in den jährlichen Kosten und Leistungen der Verfahren aufgrund der jeweiligen Flächenproduktivität, der Produktionskosten und der Erlöse mit und ohne Heumilchzuschlag und ÖPUL-Prämie.

Gegenüber der Kaltbelüftung sind die Milcherlöse bei Bodenheuwerbung um ca. € 400 geringer, bei Entfeuchtertrocknung um ca. € 200 höher, und bei Silierung gleich hoch, sofern kein Heumilchzuschlag berücksichtigt wird. Die Kosten sind bei Bodenheuwerbung um ca. € 100 geringer, bei Entfeuchtertrocknung um ca. € 300 höher und bei Silierung um ca. € 200 geringer. Die Erlös-Kosten-Differenz ist bei Bodentrocknung um ca. € 200 geringer, bei Entfeuchtertrocknung um ca. € 100 geringer und bei Silierung um ca. € 300 höher. Berücksichtigt man den Heumilchzuschlag und die ÖPUL-Prämie, ist die Erlös-Kosten-Differenz bei den drei Heuvarianten höher als beim Silageverfahren. Damit weist die Kaltbelüftung die günstigste Relation an Mehrkosten und Mehrerlösen auf, gefolgt von der Entfeuchtertrocknung und der Bodenheuwerbung.

Abbildung 2 zeigt die Herkunft der Unterschiede in den einzelnen Kostenarten. Gegenüber der Kaltbelüftung fällt die Abschreibung für das Lager bei Silierung geringer, für die Trocknungstechnik bei Heubelüftung höher und für die Maschinenkosten gleich aus. Am Feld sind bei Bodenwer-

bung mehr und bei Warmbelüftung und Silierung weniger Wendevorgänge zu bewerten. Die Lagerkosten verringern bzw. erhöhen sich gegenüber der Kaltbelüftung v.a. um die Stromkosten und um die Kosten für den Silounterhalt. Die Milcherlöse aus dem Grundpreis sind, verglichen mit der Kaltbelüftung, beim Bodenheu um ca. € 350 geringer, beim Entfeuchterheu um ca. € 180 höher und bei der Silage etwa gleich hoch. Die Heukonservierung bringt zudem Erlöse aus dem Heumilchzuschlag (€ 427 bis € 517) und der ÖPUL-Prämie.

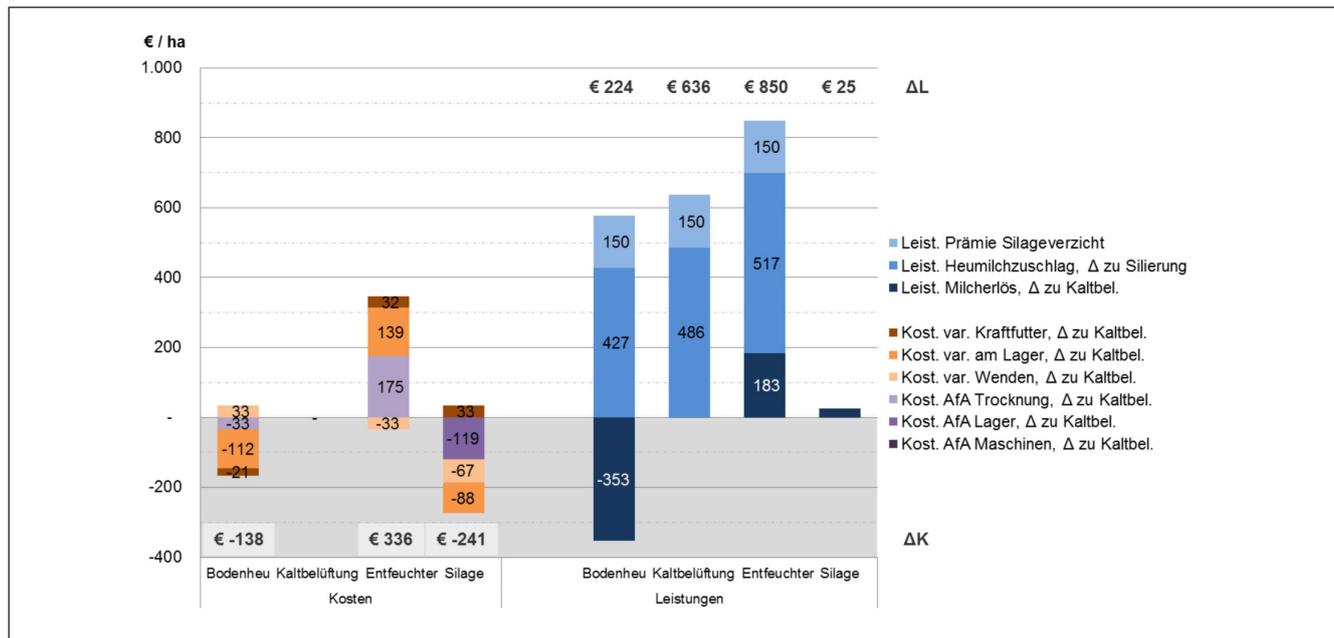
#### 4.3 Risikobewertung

Die dargestellten Ergebnisse gehen von einer erfolgreichen Konservierung zum angepeilten Schnitzeitpunkt aus. Eine solche ist aufgrund von Witterungsbedingungen und Erntegelegenheiten insbesondere bei Bodenheu, aber auch bei Kaltbelüftungsheu vielfach nicht realistisch.

Es wurde daher berechnet, ab welchem Futtermittelverlust sich die Leistungs- und Kostendifferenz der Verfahren einander angleicht. Dies erfolgte durch Variation der Energiemenge am Futtermittel unter sonst gleichen Modellbedingungen. Sobald beim Kaltbelüftungsverfahren 5 % oder mehr des Ertrages verloren gehen, so ist das Entfeuchterverfahren in der Leistungs-Kosten-Differenz überlegen. Ab einem Verlustrisiko von 11 % ist das Silageverfahren überlegen, und zwar trotz Heumilchzuschlag und Flächenprämie. Dabei ist es prinzipiell unerheblich, ob der Minderertrag durch einen suboptimalen Schnitzeitpunkt, schlechte Witterungsbedingungen oder durch Futtermittelverderb am Lager zu Stande kommt.

<sup>18</sup> Als absolute Ausgangsbasis des Kostenvergleichs wurden für die Grassilagebereitung anhand einer österreichischen Auswertung der Grundfutter-Vollkosten für das Jahr 2017 Kosten i.H.v. € 1.520 / ha angenommen (Hunger, 2013). Hierfür wurden die Auswertungsergebnisse mit dem nationalen Agrarpreisindex für landwirtschaftliche Betriebs- und Investitionsausgaben insgesamt valorisiert (2011=109,8; 2017=113,7).

Abbildung 2: Unterschiede in den Kosten und Leistungen der Verfahren, Details



Quelle: Eigene Darstellung und Kalkulation; Daten Pöllinger 2014; Resch, 2015; Gruber et al., 2015; Fasching et al. 2015

### 5 Diskussion

Zielsetzung war der Vergleich von Bodenheu-, Belüftungsheu- und Silagekonservierung unter gleichen Ausgangsbedingungen. Die Ergebnisse beschreiben die Unterschiede in Hinblick auf die technische Effizienz und die Erlös-Kosten-Differenz.

#### 5.1 Ergebnisdiskussion

Ausgangspunkt sind die Daten eines dreijährigen Versuchs, mit den gegebenen Standortbedingungen. Zusätzlich wurden Annahmen für einen Betrieb mittlerer Größe getroffen und eine ganzjährige Fütterung mit exakt einem Konservierungsverfahren unterstellt. Die Ergebnisse können also nicht unkritisch verallgemeinert werden. In der Praxis weisen die Standorte, die betrieblichen Anlagen und mit ihnen die Investitionskosten, die variablen Kosten und die Arbeitswirtschaft auf den Grünlandbetrieben in Österreich erhebliche Unterschiede auf. Mit einem steigenden Anteil an parallel geführten Verfahren würden die Investitionskosten stärker ins Gewicht fallen.

Die Versuchs- und Berechnungsergebnisse sind aber instruktiv hinsichtlich der Unterschiede zwischen den Verfahren bei ähnlichen Ausgangsbedingungen. Sie zeigen für die beiden Belüftungsheuvarianten und für das Silageverfahren eine ähnlich hohe Flächenproduktivität, höher als bei Bodentrocknung. Bei beiden Belüftungsheuvarianten kam es zu einer höheren Grundfutteraufnahme und Milchleistung je Einzeltier. Die Kosten je Fläche fallen bei Bodenheu und Silage geringer und bei Belüftungsheu höher aus. Die Kosten je Energieertrag liegen bei der Grassilage unter jenen aller

Heuvarianten. Es gibt damit sowohl bei den Kosten je Fläche als auch bei den Kosten je Energieeinheit Übereinstimmung mit bestehenden Literaturergebnissen bezüglich der Rangfolge der Verfahren.<sup>19</sup>

Die Erlös-Kosten-Differenz je Fläche zeigt die günstigsten Werte für die Silage, sofern kein Heumilchzuschlag und keine ÖPUL-Prämie vorliegen. Mit Zuschlag und Prämie steigen die Heuvarianten günstiger aus. Die Bodenheuerhebung zeigt – egal ob mit oder ohne Zuschlag – die geringsten Werte, und zwar aufgrund der Futterverluste und der geringeren Futterqualität. Die Entfeuchtertrocknung zeigt zwar hohe Ertragswerte, diese konnten aber die Mehrkosten des Verfahrens nicht zur Gänze ausgleichen.

#### 5.2 Schlussfolgerungen

Wetterrisiken und Futterverlusten kommt entscheidender Einfluss auf die betriebswirtschaftliche Verfahrenswahl zu. Unter geeigneten Bedingungen kann eine Kaltbelüftungstrocknung zu guten Erträgen und Futterqualitäten führen. Besteht aber ein Risiko für Ertragsverluste, so kann dieses sowohl die Mehrkosten der Entfeuchtertrocknung als auch den „Verzicht“ auf Heumilchzuschlag und Flächenprämie bei Silagebereitung betriebswirtschaftlich klar rechtfertigen. Im Fokus der betrieblichen Entscheidung sollte demnach die Frage der Ertragssicherheit stehen. Es kann nicht pauschal

<sup>19</sup> Einzig bei den Kosten je Futtermittelmasseneinheit gibt es keinen einheitlichen Befund zur Rangfolge der Verfahren. In der vorliegenden Kalkulation liegen diese bei Entfeuchterheu höher und bei Silage geringer als bei Kaltbelüftungsheu. Demgegenüber deuten Schweizer Auswertungen darauf hin, dass je Tonne Trockenmasse kaum Kostenunterschiede bestehen.

gesagt werden, inwiefern die höhere Produktivität der Entfeuchtervariante den höheren Verfahrensaufwand rechtfertigt. Forschungsbedarf besteht zur Verfahrenseffizienz einer Trocknung mit solarer Dachanwärmung und Biomasse, auch in Hinblick auf ökologische Effekte des Energieeinsatzes.

## Literatur

- AMA (AgrarMarkt Austria) (2017) Daten & Fakten für den Bereich Milch und Milchprodukte, Stand: Juni 2017. Wien.
- AWI (Bundesanstalt für Agrarwirtschaft) (2017) AWI-IDB Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Online-Rechner für landwirtschaftliche Produktionsverfahren. Wien. URL: <https://idb.awi.bmlfuw.gv.at/> (12.12.2017).
- Blättler, T. (2015) Grundfutterkosten, Vollkosten und Milchproduktionsstrategie, zwei Fallbeispiele. Hochschule für Agrar-, Forst- & Lebensmittelwissenschaften HAFL. AGFF-Frühlingstagung, 31. März 2015.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) (2017) Grüner Bericht 2017. Wien.
- Bohne, B. (2016) Besseres Heu mit weniger Bröckelverlusten. BWagrar, 25/2016, 23-24.
- Dilger, M. und Faulhaber, I. (2006) Materialsammlung Futterwirtschaft. Daten, Fakten und Berechnungsgrundlagen zu den Kosten der Grundfuttererzeugung und der Futterwirtschaft. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). München.
- Dulphy, J. P. (1987) Fenaison: pertes en cours de récolte et de conservation. In: Demarquilly, C. (Hrsg.) Les fourrages secs récolte traitement utilisation. Paris, INRA, Paris, 103-124.
- Fasching, C., Gruber, L., Mietschnig, B., Schauer, A., Häusler, J. und Adelwöhrer, A. (2015) Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Milchproduktionswert im Vergleich zu Silage. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Raumberg-Gumpenstein, 67-74.
- Greimel, M. und Handler, F. (2004) Abschlussbericht Arbeitszeitbedarf in der österreichischen Landwirtschaft. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein und Bundesanstalt für Agrartechnik. Irnding und Wieselburg.
- Gruber, L., Resch, R., Schauer, A., Steiner, B. und Fasching, C. (2015) Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Futterwert von Wiesenfutter im Vergleich zur Silierung. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Raumberg-Gumpenstein, 41-50.
- Hunger, F. (2013) Grundfutterkosten – Methode und Ergebnisse aus der Vollkostenauswertung der Arbeitskreise Milchproduktion. 40. Viehwirtschaftliche Fachtagung Raumberg-Gumpenstein, 1-7.
- Kittl, M. und Lindner, G. (2016) Heumilchproduktion in Österreich. Bestandserhebung und Implikationen für die Weiterbildung und Beratung. Bachelorarbeit an der Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik. Wien.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft eV) (2017) Belüftungsheu: Qualität – Verfahren – Kosten. Darmstadt/Frankfurt.
- Over, R. (2009) Grundfutterkosten: Schlüssel zum Erfolg. landinfo 7/2009, 37-43.
- Pöllinger, A. (2014) Heutrocknungsverfahren im Vergleich. 19. Alpenländisches Expertenforum, Raumberg Gumpenstein, 35-44.
- Pöllinger, A. (2015) Technische Kennzahlen zu verschiedenen Heutrocknungsmethoden. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Raumberg-Gumpenstein, 41-48.
- Resch, R. (2015) Auswirkungen unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Raufutterqualität. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Raumberg-Gumpenstein, 19-27.
- Steinwider, A., Starz, W., Rohrer, H. und Pfister, R. (2017) Systemvergleich – Einfluss von Vollweide- oder Stallfütterung auf die Milchproduktion im Berggebiet Österreichs. Österreichische Fachtagung für Biologische Landwirtschaft, 15-44.
- Stettler, M. (2011) Grufko-Ergebnisse 2010-2011. Grundfutterkosten alle Zonen, franko Krippe. Excel-Datei, HAFL.
- Sutter, M. und Reidy, B. (2013) Was Konservierungsverluste kosten. Profi Lait, 7-8 2013, 6263.