

Ansatz zu einem ganzheitlichen Vergleich der Kosten und Erlöse von Bodenheu, Belüftungsheu und Grassilage

*Towards a holistic comparison of costs and revenues of field dried hay, ventilated hay and
grass silage*

Christian Fritz^{1*}

Zusammenfassung

In diesem Artikel werden die wirtschaftlichen Unterschiede zwischen Bodenheu, Kaltbelüftungsheu, Entfeuchterheu und Grassilage auf Basis der Ergebnisse eines dreijährigen Konservierungs- und Fütterungsversuches an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein dargestellt. Die Analyse 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. Die durchgeführte Modellkalkulation stellt die Unterschiede der Verfahren bezüglich der Kosten und Leistungen einander gegenüber. Im Ergebnis zeigt der Einsatz einer modernen Konservierungstechnik (Warmbelüftung, Silierung) eine höhere Milchleistung pro Fläche, aber keinen großen finanziellen Vorteil für den Einzelbetrieb. Der maßgebliche betriebswirtschaftliche Vorteil entsteht durch die Reduktion des Wetter- und Ertragsrisikos.

Schlagwörter: Futterkonservierung, Heutrocknung, Ernteverluste, Grundfutterkosten, Milchproduktion

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 AREC Raumberg-Gumpenstein. The analysis starts from the identical meadow and date of mowing. It covers the entire production process from harvesting and losses to milk yield based on the effects per area and year. The model calculation used compares the differences of the procedures regarding costs and revenues. As a result, the use of modern preservation technology (air dehumidification, ensiling) shows a higher milk yield per area, but no substantial financial benefit for the individual farm. The key economic advantage results from the reduction of the weather and harvest risk.

Keywords: forage conservation, barn drying, harvesting losses, staple feed costs, milk production

1. Einleitung

Die Grundfutterkonservierung ist im Alpenraum Voraussetzung für eine ganzjährige Wiederkäuerfütterung. Ökonomisch stellt sich die Frage, welchen Beitrag unterschiedliche Konservierungsverfahren zur Wirtschaftlichkeit der Nahrungsmittelerzeugung leisten. Für die landwirtschaftlichen Betriebe geht es um die Frage der betriebswirtschaftlichen Rentabilität der verschiedenen Konservierungsverfahren. Es sind Investitionsentscheidungen zu treffen, und zwar vor dem Hintergrund der technischen Entwicklung und der Dynamik auf den Märkten. Technikseitig wurden im Bereich der Silagebereitung die benötigten Kompetenzen bereits über einen längeren Zeitraum kontinuierlich verbessert. In der Heubelüftungstechnik sind im letzten Jahrzehnt deutliche Entwicklungsschritte erfolgt. Die Unterdach-Heutrocknung ist als Konservierungsverfahren wieder aktuell geworden. Zum einen ermöglichen Heubelüftungsanlagen mittlerweile sowohl hinsichtlich der Schlagkraft als auch im Bereich der Arbeitswirtschaft volle Flexibilität in der Grünfutterkonservierung (KTBL 2017, ÖKL 2017). Zum

anderen hat der Preisdruck am Milchmarkt mit der Marktöffnung zugenommen (KIRNER 2017), während die Märkte für Heumilch zugelegt haben.

In der Praxis unumstritten sind die ökonomischen Vorteile einer Silagebereitung gegenüber der Bodenheuwerbung. Auch für die Vorteilhaftigkeit der Belüftungstrocknung werden verschiedene Gründe genannt: Erweiterte Erntegelegenheiten, weniger Wetterrisiko und Bröckelverluste, höhere Lagerstabilität, leichtere Fütterungsarbeit, höhere Futteraufnahme und Milchleistung, sowie gegebenenfalls ein höherer Milchpreis und mehr Förderung (KIRNER et al. 2017, KTBL 2017). Den Vorteilen der Werbetechniken stehen aber auch Nachteile gegenüber. Diese können bei der Silagewerbung in arbeitswirtschaftlichen Spitzen und Futterverlusten bei der Gärung bestehen. Mögliche Nachteile von Unterdachtrocknungsverfahren können die Investitionskosten für den Baukörper und die technische Anlage sowie der hohe Energieaufwand sein.

In Österreich nehmen 10.887 Betriebe am ÖPUL-Silageverzicht teil und mehr als 5.000 Betriebe liefern Heumilch

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Tier, Technik und Umwelt, Abteilung für Ökonomie und Ressourcenmanagement, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Mag. Christian Fritz, MA, email: christian.fritz@raumberg-gumpenstein.at



an eine Molkerei (BMLFUW 2017, KIRNER et al. 2017). *Abbildung 1* gibt einen Überblick über die regionale Verteilung der Heumilchbetriebe, und zeigt den starken Bezug zu Gebieten mit traditioneller Hartkäseproduktion und silofreier Milchproduktion. Insgesamt liegt das überwiegende Motiv zur Produktion von Heumilch in der Tradition: Gemäß einer Befragungsstudie haben 94 % der Heumilchbetriebe bereits vor 1995 Heumilch produziert (n = 1.313, KITTL und LINDNER 2016).

In der Stichprobe der Befragungsstudie beträgt die von den Heumilchbetrieben durchschnittlich bewirtschaftete Fläche ca. 18 ha (n = 1.441). Die mittlere jährliche Milchleistung liegt bei ca. 6.000 kg pro Kuh (n = 1.361, KITTL und LINDNER 2016). Die Studie zeigt auch, dass die Milchleistung aus dem Grundfutter je Einzeltier bei Heubelüftungsbetrieben um ca. 1.000 kg höher liegt als bei reinen Bodenheubetrieben (n = 1.059, KITTL und LINDNER 2016, BMLFUW 2017, KIRNER et al. 2017). Unklar bleibt dabei, inwieweit die Mehrleistung aus der Futterqualität oder aus anderen Faktoren im Betriebsmanagement resultiert.

An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurde über drei Jahre hinweg ein Ernte-, Konservierungs- und Fütterungsversuch durchgeführt. Es wurde gezeigt, dass eine Heubelüftung unter Dach gegenüber einer Bodentrocknung weniger Verluste am Feld und eine höhere Futterqualität ermöglicht (PÖLLINGER 2015, GRUBER et al. 2015). Zugleich wurden der Energieeinsatz für die Heubelüftung sowie die Lagerstabilität des Futters beobachtet (RESCH 2014, PÖLLINGER 2015). Der Fütterungsversuch zeigte bei Heufütterung eine höhere Futteraufnahme und Milchleistung pro Einzeltier gegenüber einer Silagefütterung (FASCHING et al. 2015). Im vorliegenden Beitrag werden die Größenordnung und die Anteile dieser Effekte diskutiert und einander gegenübergestellt. Auch kostenseitig werden der Mehraufwand für die Anlageninvestition und den Energieeinsatz verglichen. Die Ergebnisse aus dem

Versuch dienen als ein zentraler Ausgangspunkt dafür, einen direkten ökonomischen Vergleich der vier Verfahren Bodenheuwerbung, Kaltbelüftung, Entfeuchtertrocknung und Grassilage anzustellen.

2. Methodik und Datenmaterial

Die vorliegende Untersuchung verfolgt zwei Ziele. Erstens sollen möglichst alle ökonomischen Unterschiede zwischen den Verfahren erfasst und ganzheitlich betrachtet werden. Zweitens soll der Verfahrensvergleich modellhaft die idealtypischen Vor- und Nachteile der Verfahren darstellen, also möglichst von konkreten einzelbetrieblichen Abweichungen abstrahieren, die in der Praxis klarerweise vorkommen. Als grundlegendes Datenmaterial eignen sich hierfür die an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in den Jahren 2010 bis 2012 erarbeiteten Projektergebnisse. Denn hierbei wurden vier Konservierungsverfahren am selben Betrieb zum selben Schnitzeitpunkt und mit denselben Milchkühen verglichen.

2.1 Wirtschaftliche Auswirkungen des Konservierungsverfahrens

Verfolgt man das Ziel, die wirtschaftlichen Vor- und Nachteile zu vergleichen, so benötigt man eine Vorstellung bzw. ein Modell davon, in welchen Bereichen das Konservierungsverfahren direkt oder indirekt zu Kosten und Erlösen führt. Anhand einer Wirkungsanalyse wurden die folgenden sechs Bereiche definiert:

(1) Grünlandnutzung und Erntebedingungen: Seit jeher zielt der Einsatz von Konservierungstechnik auf eine Ausweitung der Nutzungsmöglichkeiten im Zusammenspiel von klimatischen Gegebenheiten und Erntebedingungen ab. Als eine konkrete wirtschaftliche Auswirkung wird in der modernen Grünlandwirtschaft insbesondere die Steigerung des Energiegehalts und der Erträge durch eine frühe Nutzung der Bestände diskutiert.

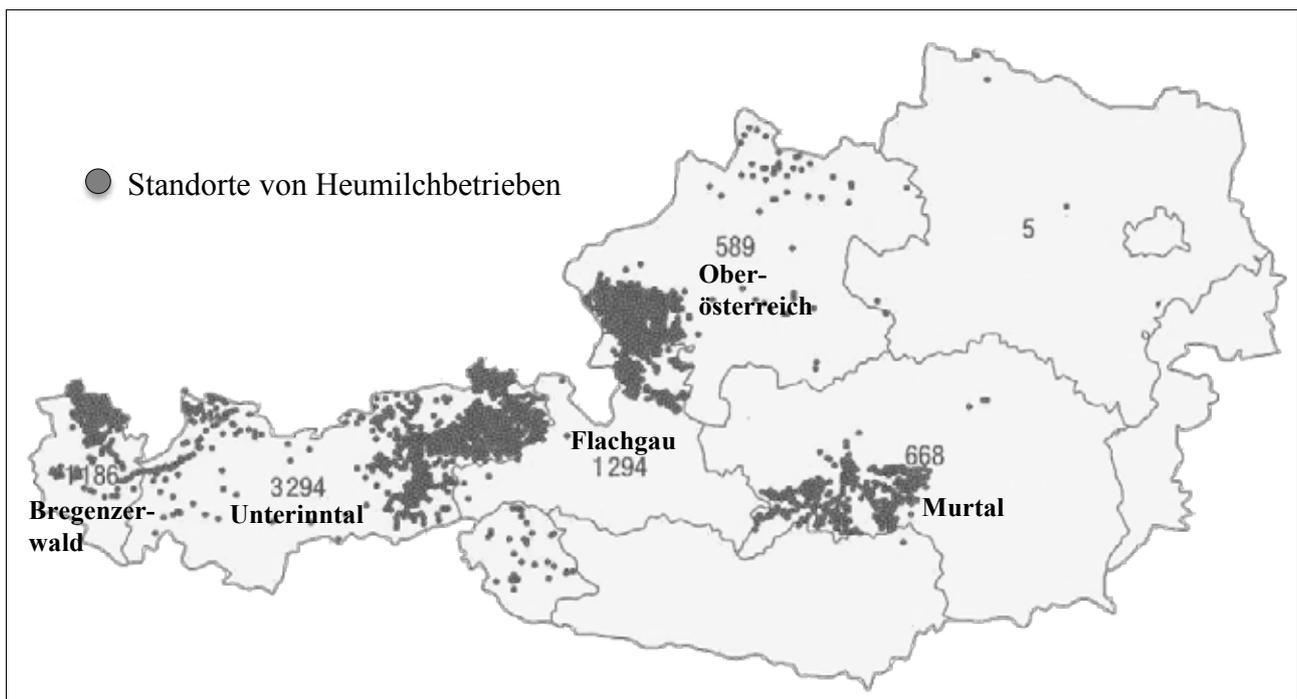


Abbildung 1: Standorte von Heumilchbetrieben in Österreich (adaptiert übernommen aus KIRNER et al. 2017 nach BMLFUW, s.p.)

- (2) Veränderungen auf den Märkten: In der Wirtschaftlichkeitsbewertung der Verfahren ist die Situation auf den Absatzmärkten (Erlösseite) und auf den Faktormärkten (Kostenseite) relevant. Speziell für die Belüftungsheuverfahren bedeutet dies, dass einerseits die Entwicklungen am Heumilch- bzw. Hartkäsemarkt und andererseits die Entwicklungen am Energiemarkt zu beachten sind.
- (3) Technikinvestition und Techniknutzung: Hinsichtlich der Nutzung von Konservierungstechnik stellen sich, ähnlich wie bei automatisierten Melksystemen, Fragen zu den Investitions-, Installations-, Betriebs- und Wartungskosten, und zur Ertragssteigerung oder Arbeitserleichterung, die im Gegenzug realisiert werden kann.
- (4) Futtermittel und Milchleistung: Zentrale Punkte in der Diskussion um den Einsatz von Konservierungstechnik nehmen die Lagerfähigkeit des gewonnenen Futters und dessen Wert als Futtermittel in der Milchviehhaltung ein. Es ist zu diskutieren, inwieweit das Verfahren hierauf Einfluss nimmt, und welche finanziellen Konsequenzen damit verbunden sind.
- (5) Arbeitswirtschaft: Das Konservierungsverfahren beeinflusst in erster Linie die Organisation der Erntearbeit. Eine feuchte Einbringung des Futters erlaubt die Nutzung von kurzen Wetterfenstern und reduziert die Terminbindung (Opportunitätskosten der Arbeitskraft). Am Futterlager soll u.a. die Kontrolle der Nacherwärmung vereinfacht werden. Auch die Fütterungsarbeit unterscheidet sich zwischen Heu und Silage. Neben dem Arbeitsaufwand ist auch die Arbeitszufriedenheit zu beachten.
- (6) Umweltwirkungen: Im Bereich der Umweltwirkungen lauten wichtige Fragestellungen, welcher Flächenbedarf mit der Produktion des Grundfutters und des zugekauften Kraftfutters verbunden ist, wie es um die Boden- und Pflanzenbestandsqualität sowie um die (lokale) Biodiversität steht, welche Folgewirkungen der Zukauf von Betriebsmitteln hat (z.B. Energie für die Heutrocknung), und welche ökonomischen Konsequenzen damit einhergehen.

2.2 Versuchsdesign und Methodik der ökonomischen Bewertung

Im Versuchsdesign wurden folgende Verfahren verglichen und die gewonnenen Futterkonserven über drei Jahre in der Milchproduktion verfüttert: (1) Bodentrocknung am Feld, (2) Unterdachrocknung mit Ventilator-Kaltbelüftung am Heulager, (3) Unterdachrocknung mittels Entfeuchter in Kombination mit solarer Luftanwärmung und (4) Silagekonservierung in Rundballen (*Abbildung 2*). Gegenstand der Untersuchung waren Effekte im Prozess von der Futtererzeugung (PÖLLINGER 2015), über die Konservierung (RESCH 2014, 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 Heutrocknung in Boxen zu ermöglichen.

Um sicherzustellen, dass Effekte aus dem Konservierungsverfahren und nicht etwa aus dem Vegetationsstadium oder den Erntebedingungen 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. Ausgehend von den klimatischen Bedingungen und der Vegetationsdauer bedeutet dies eine frühe Mahd und eine Nutzung der jungen Bestände im Stadium „Beginn Ähren- und Rispschieben“. Der Trockenmasse-Ertrag 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 Grundfuttervorlage erfolgte *ad libitum* und die Kraftfuttergabe betrug 20 % der Trockenmasse-Aufnahme (FASCHING et al. 2015).

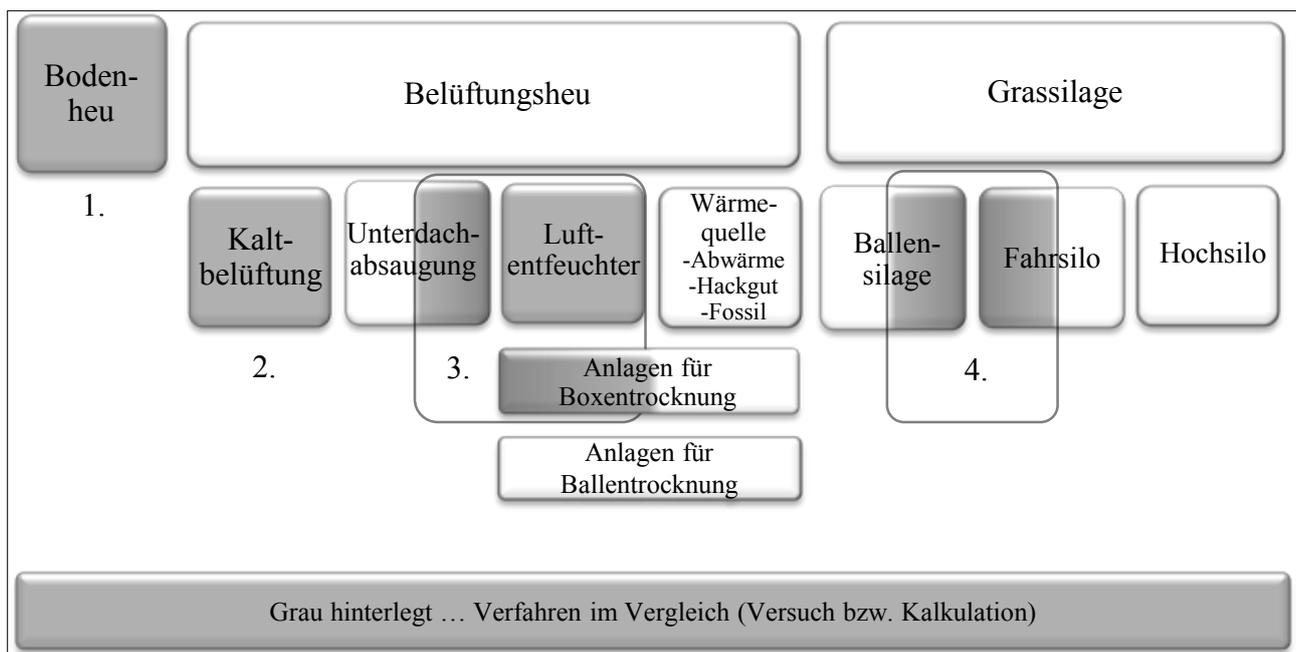


Abbildung 2: Im Vergleich behandelte Konservierungsverfahren (angelehnt an NILLES 2016, zit. n. BOHNE 2016)

Die ökonomische Betrachtung erfolgt über den gesamten Produktionsprozess für den Betriebszweig Milchkühe (ohne Nachzucht) anhand der Wirkungen je Flächeneinheit und Jahr. Die jeweiligen Kosten und Erlöse werden nicht absolut, sondern als Differenz zum Kaltbelüftungsverfahren berechnet. Unterstellt wird ein fiktiver Betrieb auf Basis der Versuchsparameter und -ergebnisse, sowie anhand von Annahmen, die einen Vergleich mit einem Grünlandbetrieb mit 18 ha ermöglichen sollen. Um den alleinigen Effekt des Konservierungsverfahrens zu zeigen erfolgt die Konservierungsfütterung für 365 Tage, bei 305 Tagen Laktation und 60 Tagen Trockenstehzeit. Die verwendeten Preise betragen Euro 12 pro Arbeitskraftstunde, Euro 1,25 pro Liter Diesel, Euro 0,18 pro kWh Strom und Euro 0,30 pro kg Kraftfutter.

3. Datenmaterial zu den einzelnen Wirkungsbereichen

Mit dem Ziel, einen ganzheitlichen und idealtypischen Vergleich durchzuführen, sind wirtschaftliche Verfahrensparameter vor dem Hintergrund der Praxisbedingungen und des aktuellen Wissensstandes einzuordnen. Es erfolgen hierzu ein Vergleich mit Literaturwerten sowie eine Vervollständigung der Datengrundlage hinsichtlich Kenngrößen, die im Versuch nicht behandelt wurden.

3.1 Grünlandnutzung und Erntebedingungen

In der Grünlandwirtschaft hat ein hoher Grundfutterertrag bei ansprechender Futterqualität eine hohe Bedeutung für die betriebliche Wirtschaftlichkeit. Der Erntezeitpunkt des Pflanzenbestandes und das Ernte- und Konservierungsverfahren sind wichtige Ertragsfaktoren. Sobald Bestände

über den Zeitpunkt des Ähren- und Rispschiebens hinaus wachsen, nimmt der Energiegehalt im Futter ab. Neben den Trocknungsbedingungen (insbesondere Witterung) bestimmt die verwendete Konservierungstechnik, ob eine Erntegelegenheit zum angestrebten Vegetationsstadium möglich ist. Eine Futterkonservierung mit einer modernen Trocknungs- oder Siliertechnik erfordert einen geringen Anwelkgrad am Feld und damit eine kurze Feldphase. Damit erhöht sich die Chance auf ein günstiges Wetterfenster, die Erntearbeit wird erleichtert und Futterverluste werden reduziert. Bei Silierung findet generell eine frühe Nutzung der Pflanzenaufwüchse statt, und auch Betriebe mit der Möglichkeit zur Warmbelüftung mähen um sechs Tage früher als reine Kaltbelüftungsbetriebe auf gleicher Seehöhe (RESCH 2013). Dabei bestehen zwischen den einzelnen Regionen und Betriebsstandorten starke Unterschiede hinsichtlich der klimatischen Bedingungen (z.B. Seehöhe, Niederschläge, Exposition), der Grünlanderträge und der Möglichkeit zur Nutzung der Wiesen in zwei, drei oder mehr Schnitten pro Jahr (SCHAUMBERGER 2011). Beispielsweise verschob sich in den Auswertungen zum LK-Heuprojekt mit einem Anstieg der Seehöhe um 100 m das Erntedatum im Östereichmittel um 3,6 Tage nach hinten (RESCH 2013).

Tabelle 1 stellt die Jahresmittelwerte zu einzelnen Parametern der Feldphase im dreijährigen Versuch an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein dar. Zeile eins zeigt, dass bei

Tabelle 1: Daten zur Feldphase im 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

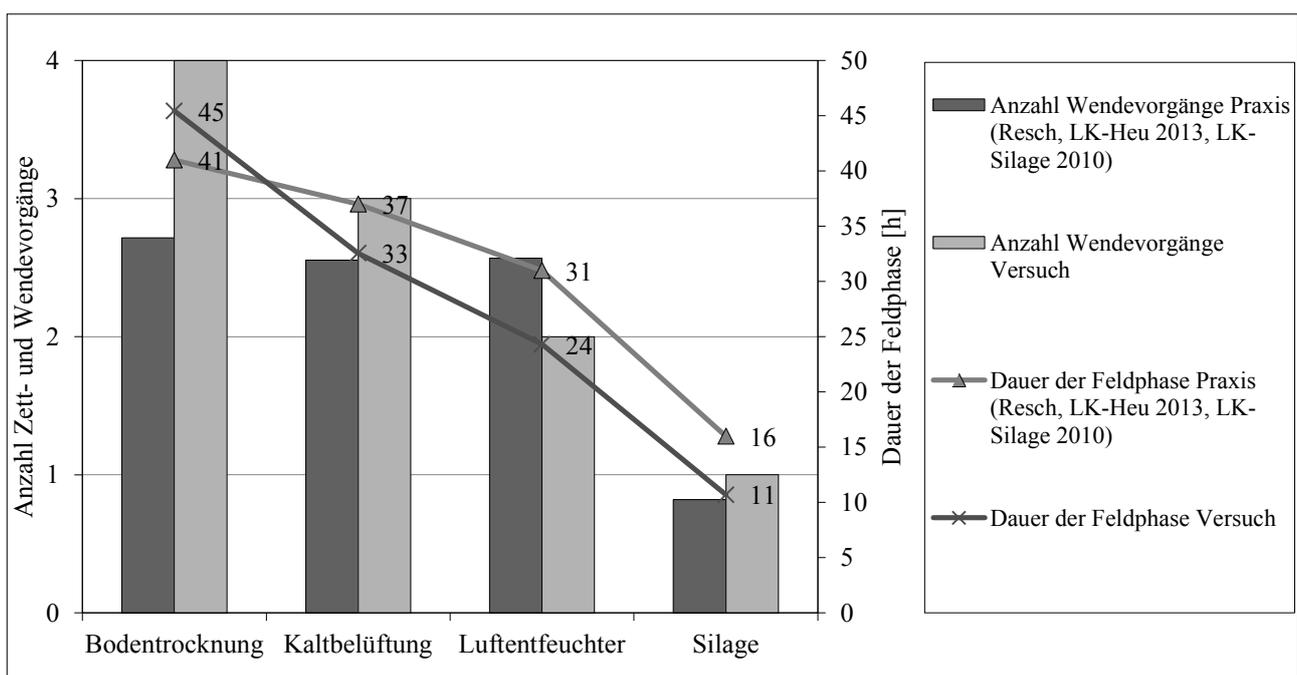


Abbildung 3: Ausgangsbedingungen bei der Ernte im Versuch und in der Praxis (Versuchsdaten, RESCH 2010, RESCH 2013)

der Ernte in Abhängigkeit des Verfahrens verschiedene Trockenmassegehalte erzielt werden mussten. Hieraus resultieren unterschiedliche mechanische Bearbeitungsgänge, Feldliegezeiten und Bröckelverluste.

Abbildung 3 stellt die Ausgangsbedingungen bei der Ernte im Versuch mit den Werten in der österreichischen Praxis gegenüber. Die Anzahl der Zett- und Wendevorgänge und der Abtrocknungsgrad bis zur Einfuhr weisen im Versuch eine klare Reihenfolge zwischen den Verfahren auf; dies bedeutet im Mittel viermal wenden bei Bodentrocknung, dreimal wenden bei Kaltbelüftung, zweimal wenden bei Entfeuchtertrocknung und einmal wenden bei Silagewerbung.

Gegenüber den Praxiswerten aus Futterprobenstudien (RESCH 2010, RESCH 2013; Projekte LK-Heu und LK-Silage) wurden das Bodenheu und das Kaltbelüftungsheu im Versuch relativ häufig gewendet. Dies dürfte daran liegen, dass ein solches Heu in der Praxis eher nur bei sehr guten Witterungsbedingungen gemacht wird. Die Ausgangsmaterialien für das Entfeuchterverfahren und für die Silageproduktion weisen, bei Betrachtung der Jahresmittelwerte, eine vergleichsweise kurze Feldphase auf.

3.2 Veränderungen auf den Märkten

Die marktseitig herausragenden Merkmale sind die Schwankungen der allgemeinen Milchpreise und der Unterschied zu den Preisen für Heumilch. Im Allgemeinen sind mit der Marktliberalisierung auch die österreichischen Milchpreise von den Veränderungen am Weltmarkt betroffen. Für die Investitionsrechnung ist eine Vorstellung von den mittleren Preisen und Erlösen ausreichend, es müssen aber zukünftige Schwankungen in der betrieblichen Liquiditätsplanung berücksichtigt werden. Langfristig erlaubt die Struktur der österreichischen Grünlandwirtschaft allerdings keine Kostenführerschaft am Weltmilchmarkt. Es stellt sich daher die Frage, in welchen Bereichen und inwieweit eine

Abkoppelung über Differenzierung oder Nischenprodukte gelingt (KIRNER 2017).

Der Heumilchmarkt, der u.a. mit gemeinschaftlichen Bemühungen rund um die ARGE Heumilch in den vergangenen Jahren etabliert wurde, bedeutet eine Gelegenheit zur Differenzierung. Betriebe mit der Möglichkeit zur Anlieferung profitieren direkt in Form von höheren Milcherlösen (Heumilchzuschlag). Der Markt für Heumilch ist deutlich gewachsen (Abbildung 4). Die angelieferte Menge ist im Zeitraum 2008 bis 2016 um durchschnittlich 4 % pro Jahr gestiegen, der Preiszuschlag um 13 % pro Jahr auf aktuell 5,7 Cent pro kg Milch. Dieser Zuschlag wird in der Kalkulation angesetzt, und zwar in Verbindung mit einem Basispreis von Euro 0,34 pro Liter ECM (AMA 2017). Überdies besteht eine Förderungsmöglichkeit mit dem ÖPUL-Silageverzicht in der Höhe von Euro 150 pro ha. Diese kann als gesellschaftliche Prämie zum Marktpreis hinzugerechnet werden und ist von agrarpolitischen Rahmenbedingungen abhängig.

Auf Seiten der Faktormärkte sind im speziellen der Arbeits-, Kapital- und Energieeinsatz für die Fütterung relevant. Grünlandbetriebe sind einkaufsseitig u.a. von den Preisen für Maschinen und Arbeit (z.B. für die Häckselkette) und von den Kraftfutterpreisen (in Relation zum Grundfutterpreis) abhängig. Gerade die Kosten für die Arbeitskraft steigen kontinuierlich. Auch die Schwankungen sind zum Teil erheblich, insbesondere bei den Futtermittelpreisen. Diese Veränderungen stellen aber im Vergleich von Konservierungsverfahren ein untergeordnetes Problem dar, solange alle Verfahren gleichermaßen betroffen sind. Einzig die Schwankungen der Energiepreise würden sich aufgrund des höheren Energieeinsatzes bei Heubelüftung gravierend auswirken. Die für eine Warmbelüftung wesentlichen Biomasse- und Strompreise sind aber langjährig stabil (BM-WFW 2016). Je nach Betriebsstandort bzw. nach Region und Land sind allerdings Unterschiede in den Strompreisen zu beachten.

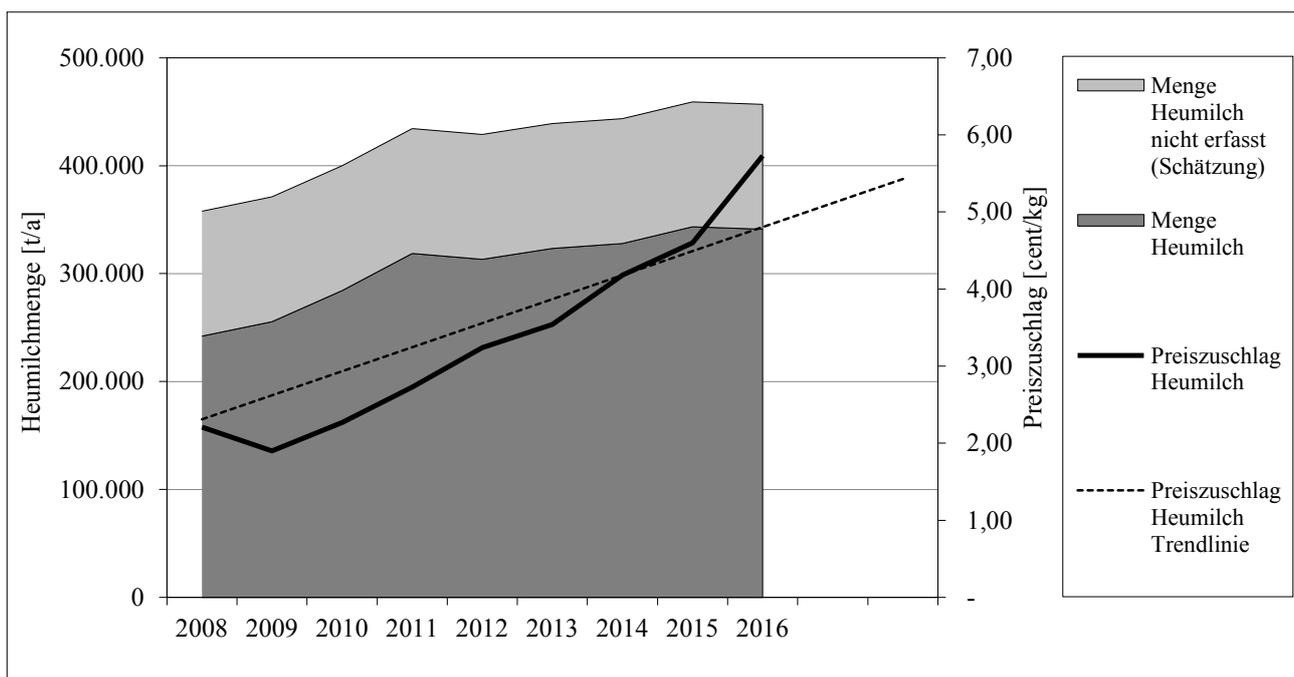


Abbildung 4: Entwicklung Heumilchmenge und Preiszuschlag in Österreich (Daten AMA 2017)

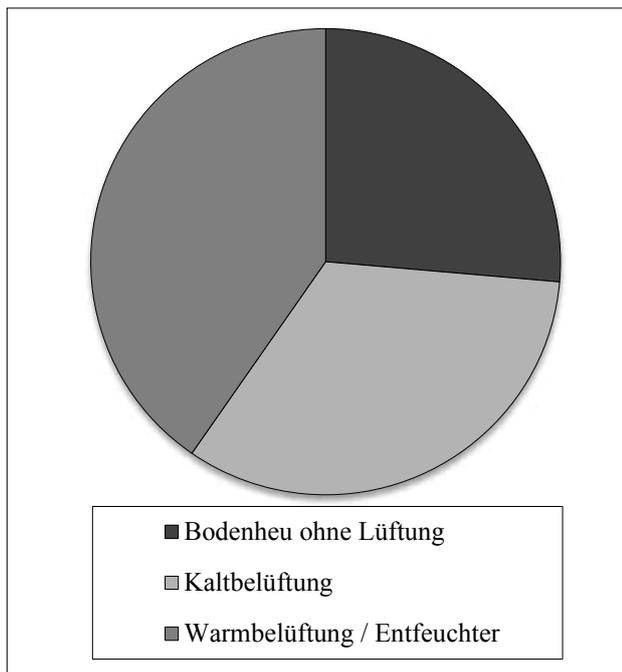


Abbildung 5: Einsatz von Heutrocknungsanlagen auf österreichischen Betrieben (Mittelwerte von RESCH 2013 (n = 1.000) und KITTL und LINDNER 2016 (n = 1.430))

3.3 Technikeinsatz, Investitionskosten und laufende Kosten

Abbildung 5 zeigt den Einsatz von unterschiedlichen Heu-Konservierungsverfahren auf österreichischen Betrieben. Etwa ein Viertel der Betriebe, die entweder nur Heu verwenden, oder in Kombination mit Silage zu einem bedeutenden Teil Heu einsetzen, wirbt ausschließlich Bodenheu ohne Belüftung. Etwa ein Drittel verwendet eine Kaltbelüftungsanlage und mehr als ein Drittel verwendet eine Form der Warmbelüftung. Letztere bezeichnet Systeme mit einem Entfeuchter oder einem Ofen, aber auch solche mit einer Absaugung der sonnenerwärmten Luft unter dem Stalldach.

Die Verwendung einer Heubelüftungstechnik unterscheidet sich klarerweise je nachdem, ob alleine Heutrocknung betrieben wird oder eine Kombination mit Silierung erfolgt. Von den Betrieben mit Silageverzicht haben 88 % eine Trocknungsanlage, auf den gemischten Betrieben mit Heu und Silage sind es demgegenüber nur 56 % (RESCH 2013). Welche Bedeutung der Diskussion um die Trocknungstechnik und der betriebswirtschaftlichen Entscheidung darüber zukommt, zeigt sich an die Absatzzahlen der Anlagenhersteller und in den Zukunftsvorhaben der Betriebe: Ausgehend von ihrer Ausstattung im Jahr 2016 gab ca. ein Drittel der Bodenheu-Betriebe, ein Drittel der Kaltbelüftungs-Betriebe und ein Viertel der Warmbelüftungs-Betriebe an, (weiter) in Trocknungstechnik investieren zu wollen (n = 1.442, KITTL und LINDNER 2016).

Für die Modellrechnung werden die Investitions- und Abschreibungskosten für die Trocknungsanlage getrennt von den Abschreibungskosten für die übrigen Gebäudeteile und Einrichtungen behandelt. Zur Gegenüberstellung der Belüftungsheuvarianten und der Silageproduktion werden folgende Werte aus Literatur und Praxis eingesetzt: Der Unterhalt für den Fahrsilo wird mit Euro 24 pro Hektar und Jahr

veranschlagt. Die Baukörperabschreibung wird pro Hektar und Jahr mit Euro 135 für das Heulager und Euro 72 für den Fahrsilo bewertet (DILGER und FAULHABER 2006, OVER 2009). Die Unterschiede in den Maschinenkosten werden mit Null veranschlagt. Diese Annahme entspricht einer Schweizer Auswertung zu den Grundfutterkosten von verschiedenen Verfahren (SUTTER und REIDY 2013).

Die Investitionskosten für die Kaltbelüftungsanlage werden mit Euro 400 und für die Entfeuchteranlage mit Euro 2.500, sowie für die bauliche Trocknungsanlage mit jeweils Euro 1.000 pro Hektar angenommen (PÖLLINGER 2015, KITTL und LINDNER 2016, KTBL 2017). In der baulichen Trocknungsanlage sind bspw. die Kosten für die Heubox und für die Luftkanäle zur Unterdachabsaugung enthalten. Die Abschreibung der Anlagen erfolgt in der Kalkulation auf 15 Jahre mit 2 % Reparatur (technisch) bzw. 30 Jahre mit 1 % Reparatur (baulich) bei 2,5 % Zinssatz und 0,2 % Versicherung (KTBL 2017, ÖKL 2017). Die Investitionskosten der Trocknungstechnik orientieren sich an Abschätzungen in Fachpublikationen, die sich ihrerseits wiederum an Angeboten von Herstellern und den Kosten in konkreten Bauvorhaben orientieren (KTBL 2017, ÖKL 2017). Zusätzlich wurde eine Analyse der Kostenangaben der österreichischen Heumilchbetriebe in einer Befragungstudie herangezogen (KITTL und LINDNER 2016). Es ist zu beachten, dass es sich um retrospektive Nennungen im Fragebogen handelt, und sich die Werte über die letzten 10 Jahre erstrecken (nicht valorisiert); die Kosten sind heute tendenziell höher anzusetzen.

Die Auswertung der Betriebe zwischen 10 ha und 50 ha zeigt folgendes Bild für die Medianwerte (in Klammer sind jeweils das 25 % Quartil Q1 und das 75 % Quartil Q3 angegeben): Für die baulichen Teile der Trocknungsanlage ca. Euro 11.000 (Q1 ≈ Euro 6.000, Q2 ≈ Euro 20.000, n = 50), für den Lüfter ca. Euro 8.000 (Q1 ≈ Euro 5.000, Q3 ≈ Euro 13.000, n = 70), für die Dachabsaugung ca. Euro 8.000 (Q1 ≈ Euro 5.000, Q3 ≈ Euro 20.000, n = 29) und für einen Entfeuchter ca. Euro 28.000 (Q1 ≈ Euro 18.000, Q3 ≈ Euro 36.000, n = 40). Abbildung 6 zeigt die Investitionskosten nach Betriebsgrößenklassen aufgeschlüsselt. Die meisten der Anlagenkosten steigen mit der Betriebsgröße in Hektar an. In Summe aller Anlagenteile ergeben sich für einen Betrieb zwischen 10 ha und 50 ha Mediankosten von Euro 55.000 für die gesamte Trocknungsanlage.

Auch hinsichtlich der variablen Kosten ist die Spannweite der Werte, die auf den Grünlandbetrieben möglich sind, zu diskutieren. Im dreijährigen Versuch in Raumberg-Gumpenstein lag der elektrische Energieeinsatz im Mittel bei 80 kWh pro Tonne Heu für das Kaltbelüftungsverfahren und bei 170 kWh pro Tonne Heu für das Entfeuchterverfahren (PÖLLINGER 2015). Vergleicht man diese Werte mit Erfahrungen in der Praxis oder auch mit Literaturangaben zu anderen Messungen, so zeigt sich eine hohe Schwankungsbreite. Denn selbst bei vergleichbarer Bauart der Anlagentechnik entstehen Unterschiede insbesondere durch den Abtrocknungsgrad des eingefahrenen Ernteguts, die technische Auslegung und Effizienz der Anlage, die Art und Intensität der Anlagenbeschickung und die Witterungsbedingungen während der Trocknungszeit. Je feuchter das eingefahrene Welkheu ist, desto mehr Wasser muss in der Anlage abgetrocknet werden. Beispielsweise sind bei 55 % Trockenmasse-Gehalt 580 kg Wasser, aber bei 70 %

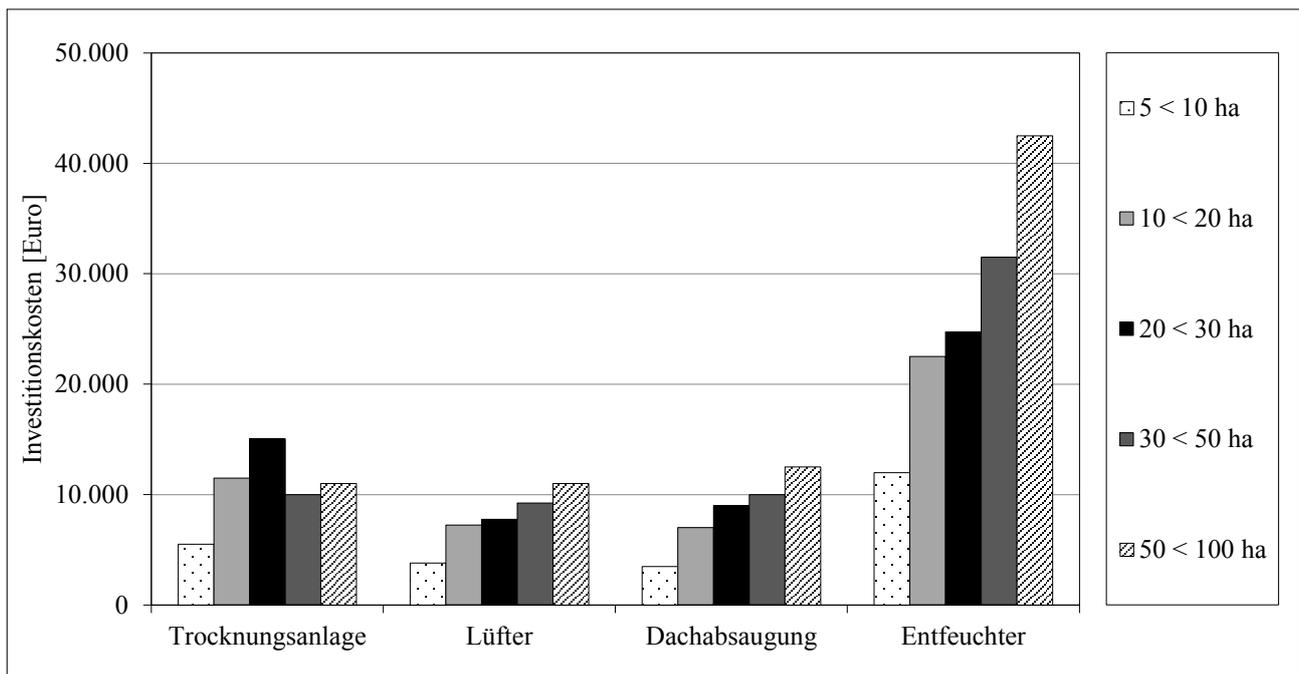


Abbildung 6: Angaben zu Investitionskosten für einzelne Anlagenteile nach Betriebsgrößenklasse (Daten von KITTL und LINDNER 2016 (n = 720 bei Item-Batterie))

Trockenmasse-Gehalt nur 240 kg Wasser je Tonne Heu abzutrocknen. Auch die Außenluftbedingungen spielen eine wichtige Rolle. Ein technisch effizienter Anlagenbetrieb setzt zudem eine geeignete Bauform und Dimensionierung der Trocknungsbox und der Anlagenkomponenten sowie eine gute Anlagenbedienung bzw. -steuerung voraus (WIRLEITNER 2010, PÖLLINGER 2015).¹

Eine mögliche Bezugsgröße für einen technischen Anlagenvergleich ist der spezifische Energiebedarf je Kilogramm abzutrocknendem Wasser oder auch je Tonne Heu. Die Spannweite der Literaturangaben ist in der *Tabelle 2* ersichtlich. Um eine betriebswirtschaftliche Bewertung vorzunehmen, sind die Kosten je Tonne Heu zu kalkulieren. Eine solche Vorgehensweise impliziert bereits Annahmen über den tatsächlichen Betrieb der Trocknungsanlage und den Energiepreis. Für die Kaltbelüftung liegen publizierte Angaben im Bereich von Euro 11 bis Euro 21 je Tonne Heu vor. Die Entfeuchtertrocknung mit solarer Luftanwärmung wird mit Euro 12 bis Euro 31 je Tonne Heu ausgewiesen (WIRLEITNER 2010, NYDEGGER und WIRLEITNER 2014, PÖLLINGER 2015, KTBL 2017, ÖKL 2017). Die vorliegende Modellkalkulation geht von den Messwerten im Versuch aus; diese entsprechen variablen Kosten von

Euro 14,40 je Tonne Heu aus der Kaltbelüftung bzw. von Euro 30,60 je Tonne Heu aus dem Entfeuchterverfahren.

3.4 Futtermittel und Milchleistung

Die Unterschiede in der Qualität der Konserven aus den unterschiedlichen Verfahren werden in verschiedenen Studien diskutiert. Wichtige Quellen sind die Studienwerte aus den LK-Heuprojekten und den LK-Silageprojekten, in denen auch das Konservierungsverfahren (Art der Heutrocknung bzw. verwendetes Siliersystem) sowie diverse Managementfaktoren mit erhoben wurden. In der Befragungsstudie der österreichischen Heumilchbetriebe (KITTL und LINDNER 2016) wurden ebenfalls das Trocknungsverfahren und die Milchleistung abgefragt. Hieraus zeigt sich klar, dass Bodentrocknungsbetriebe geringere Milchleistungen aufweisen als Belüftungsheubetriebe. Der Unterschied zu den Kaltbelüftungsbetrieben liegt bei ca. 800 kg Milch pro Kuh und Jahr aus dem Grundfutter; zu den Warmbelüftungsbetrieben bei ca. 1.200 kg Milch pro Kuh und Jahr aus dem Grundfutter. Offen bleibt dabei, welcher Teil der Leistungsdifferenz aus dem Futtermittel resultiert, und welcher Teil auf andere Einflussfaktoren zurückgeht (z.B. Standort und Flächen der Betriebe, Genetik, Management).

Im dreijährigen Versuch an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein war es das Ziel, möglichst viele Einflussgrößen gleichzuschalten, um die Differenz aus dem Verfahren selbst besser abschätzen zu können. Die wichtigsten Messparameter zu Futtermittelqualität, Futteraufnahme und Milchleistung aus dem Versuch sind in *Tabelle 3* dargestellt (Jahresmittelwerte). Ausgehend vom selben

Tabelle 2: Spannweite der Angaben zum spezifischen Energiebedarf und zu den variablen Kosten (Spannweite der Daten anhand von WIRLEITNER 2010, NYDEGGER und WIRLEITNER 2014, PÖLLINGER 2015, KTBL 2017, ÖKL 2017, NBS 2017)

Anlagenart	Kaltbelüftung		Entfeuchter mit Dachabsaugung	
	günstig	ungünstig	günstig	ungünstig
Bedingungen				
Spezifischer Energiebedarf [kWh/kg Wasser]	0,15	0,70	0,24	0,46
Spezifischer Energiebedarf [kWh/t Heu]	69	115	77	186
Variable Kosten [Euro/t Heu]	11	21	12	40

¹ In der ÖKL-Broschüre „Heutrocknung – Technische Grundlagen für die Bauplanung“ (2017) sind die wichtigsten Grundlagen zusammengefasst.

Tabelle 3: Daten zu Futterqualität und Milchaufnahme im dreijährigen Versuch (Mittelwerte)

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
Energiegehalt [MJ NEL/kg TM]				
bei Einfuhr	5,8	5,9	5,9	5,9
am Lager am 190. Tag (RESCH 2014)	5,4	5,6	5,7	5,6
Energiegehalt [MJ NEL/kg TM]				
bei Fütterung (FASCHING et al. 2015)	5,5	5,8	5,7	5,7
Proteingehalt [g/kg TM]				
bei Fütterung (FASCHING et al. 2015)	134	134	142	156
Futteraufnahme				
Grundfutter [kg TM/d]	15,4	15,8	15,8	14,6
Grundfutter [MJ NEL/d]	85	90	90	83
Kraftfutter [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

Tabelle 4: Daten zur Futterqualität in der Praxis (LK-Heu und LK-Silageprojekte, RESCH 2010, RESCH 2013)

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
Energiegehalt [MJ NEL/kg TM]	5,51 (n = 290)	5,64 (n = 416)	5,75 (n = 107)	5,86 (n = 2.550)
Proteingehalt [g/kg TM]	127 (n = 290)	130 (n = 416)	137 (n = 107)	156 (n = 2.527)

Energiegehalt der Futtermittel zum Erntezeitpunkt wurde dessen Verlauf über den Zeitraum der Lagerung und bei der Fütterung untersucht, und u.a. die Futteraufnahme der Kühe und deren Milchleistung erhoben. Da die tatsächliche Milchleistung aufgrund der kurzen Periodenlänge von vier Wochen nicht vollständig mit dem Milchleistungswert der Konservierungsvariante übereinstimmen muss, wurde in den Kalkulationen der Milchproduktionswert der Ration verwendet.

Die Versuchsergebnisse zur Futterqualität liegen im Bereich der Praxiswerte, die in den Futtermittelstudien im Rahmen der LK-Projekte erhoben wurden. *Tabelle 4* zeigt die österreichischen Mittelwerte für die Parameter Energiegehalt und Proteingehalt (RESCH 2010, RESCH 2013). Der Energiegehalt der Silage im Versuch liegt geringfügig unter dem Mittel in der österreichischen Praxis; im Übrigen entspricht die Versuchssilage gängigen Praxiswerten (GRUBER et al. 2015). Der höhere Proteingehalt der beprobten Silagen weist darauf hin, dass durch die Fermentation leicht lösliche Kohlenhydrate durch Gärmikroben verbraucht werden, und so eine relative Anreicherung an Rohprotein entsteht (GRUBER et al. 2015).

Den Ergebnissen aus dem dreijährigen Fütterungs- und Milchleistungsversuch zufolge kam es beim Bodenheu zu einer geringfügig und bei der Silage zu einer klar verringerten Futteraufnahme und Milchleistung (FASCHING et al.

2015). Die im Versuch festgestellten Unterschiede in diesen beiden Parametern wurden auch in verschiedenen internationalen Arbeiten in vergleichbarer Weise festgestellt. Die Trockenmasseaufnahme von Heu wird demzufolge durchwegs als höher als jene von Silage beschrieben (GRUBER et al. 2015). Aus den Unterschieden in der Nährstoff- und Energieaufnahme resultieren Unterschiede in der Milchleistung. Die Kraftfutteraufnahme der einzelnen Varianten unterscheidet sich kaum; sie steht in einem konstanten Verhältnis zur Grundfutteraufnahme. Auf die Frage, welche betriebswirtschaftlichen und finanziellen Auswirkungen mit diesen Ergebnissen verbunden sind, wird in Abschnitt 4.3 auf den Fütterungs- und Milchleistungseffekt eingegangen.

3.5 Arbeitswirtschaft

Ein bedeutender arbeitswirtschaftlicher Unterschied besteht zu Beginn des jeweiligen Verfahrens in der Terminbindung der Futterwerbung. Das zur Ernte benötigte Wetterfenster hängt, neben vielen anderen Faktoren, wesentlich vom erforderlichen

Abtrocknungsgrad am Feld ab. Belüftungsheu und Grassilage können wesentlich früher abtransportiert werden als Bodenheu. Damit wird nicht nur eine kürzere Arbeitszeit benötigt, sondern es stehen auch mehr Wetterfenster für die Ernte zur Verfügung (FORMAYER et al. 2000).² Damit reduziert sich die Terminbindung der Erntearbeit, womit betriebswirtschaftlich positive Auswirkungen auf die Arbeitskosten und/oder auf die Arbeitszufriedenheit verbunden sind. Der Wert dieses Vorteils hängt von den jeweiligen Gegebenheiten am Betrieb ab (z.B. Erwerbstätigkeit, Organisation der Häckselkette). Der Unterschied kann einzelbetrieblich hoch relevant sein, wurde aber im vorliegenden modellhaften Vergleich nicht monetär bewertet.

Bei der Ernte liegt ein konkreter Unterschied in der Anzahl der Wendevorgänge und im Arbeitsbedarf hierfür. In der Kalkulation wurde der Aufwand pro Wendevorgang mit Euro 6,58 für die Eigenmechanisierung und 0,30 Akh an Arbeitsaufwand pro Hektar und Jahr veranschlagt (AWI 2017). Der konkrete Aufwand in der betrieblichen Praxis und die Kosten hängen von der Maschinenausstattung, der Maschinenauslastung, der Nutzungsdauer und den Personalkosten ab. Welche Anzahl an Wendevorgängen für die einzelnen Verfahren zu veranschlagen ist, wurde bereits in Abschnitt 3.1 diskutiert.

Der Aufwand für die Einfuhr und Einlagerung bei den einzelnen Verfahren wurde anhand des Berichts zum Arbeits-

² Anhand der Arbeiten von FORMAYER et al. (2000) steht ein umfangreiches Kartenmaterial zu den verfügbaren Feldarbeitstagen in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen und den konkreten Ernteerträgen und Konservierungsverfahren für Standorte in Österreich zur Verfügung.

zeitbedarf in der österreichischen Landwirtschaft (GREI-MEL und HANDLER 2004) wie folgt bemessen: 8,68 Akh für Bodenheu, 8,15 Akh für Kaltbelüftungsheu, 7,62 Akh für Warmbelüftungsheu und 7,40 Akh für Silage. Bei den beiden Belüftungsverfahren fällt ein zusätzlicher Arbeitsaufwand für das Auslagern der Trocknungsbox zwischen den einzelnen Trocknungschargen mit dem Heukran an. Hierfür werden pro Hektar und Jahr 0,50 Akh veranschlagt. Für die Beobachtung des Heulagers (insb. bei Bodenheu) bzw. für die Steuerung der Trocknungsanlage wurden keine separaten Kosten veranschlagt. Der Aufwand hierfür ist von den Ernte- und Einbringbedingungen bzw. von der Technik der Belüftungsanlage abhängig. Jedenfalls ist anzumerken, dass bei der Unterdachttrocknung ein sehr hohes Augenmerk auf eine gute Anlagenbedienung und auf die Planung und Kontrolle des Einlagerns der einzelnen Chargen zu legen ist. Es stellt also auch diese Technik gewissen Anforderungen an die Betriebsleitung. Erst dann können günstige Futterqualitäten und geringe Trocknungskosten erreicht werden.

3.6 Umweltwirkungen

Für die Betrachtung der Umweltwirkungen am Betrieb, auf den Flächen und außerhalb des Betriebes kommt eine Vielzahl von Bewertungsgrößen in Betracht. Einer der wichtigsten Faktoren ist die standortangepasste Nutzung der betriebseigenen Flächen. Eine Veränderung der Schnittzahl, die mit einer modernen Konservierungstechnik möglich wird, nimmt Einfluss auf Pflanzenbestand und Boden. Dies kann mittel- bis langfristig zu Mehrkosten (z.B. für Nachsaaten) und zu Ertragseinbußen führen. Aufgrund der Vermarktungsstrategie für Heumilch könnte eine Übernutzung auch indirekt zu Preiseinbußen auf den Konsumentenmärkten führen. In der vorliegenden Modellkalkulation wird aber davon ausgegangen, dass unabhängig vom Verfahren und von der damit verbundenen Möglichkeit zur früheren Ernte eine geeignete Nutzung der Bestände erfolgt. Es werden also im Bereich Boden und Biodiversität keine Kostendifferenzen zwischen den Verfahren veranschlagt.

Einen Anhaltspunkt für die betriebsfremden Umweltwirkungen, gerade in Hinblick auf die Diskussion der Belüftungsheuproduktion, bieten Kenngrößen zum Bedarf an nicht erneuerbaren Energieressourcen und zum Treibhauspotenzial. Eine Analyse von Milchviehbetrieben im steirischen Ennstal zeigte, dass der Energieeinsatz (nicht erneuerbare Ressourcen) bei mittelintensiven Betrieben bei ca. 24.000 MJ-Äquivalenten pro ha und Jahr liegt. Hiervon beträgt der Anteil an Energieträgern am Hof ca. 7.000 MJ-Äquivalente pro ha und Jahr (GUGGENBERGER und HERNDL 2017). Ausgehend vom Strombedarf für die Kaltbelüftung im Versuch würde ein Bedarf an nicht erneuerbaren Energieressourcen von ca. 2.300 MJ pro ha und Jahr hinzukommen; bei der Entfeuchterttrocknung wären es zusätzlich ca. 4.900 MJ pro ha und Jahr.

In der Bewertung analog verhält es sich beim Treibhauspotenzial, ausgedrückt in kg CO₂-Äquivalenten. Hier lag die Gruppe der Referenzbetriebe im Ennstal bei ca. 7.400 kg CO₂-Äq pro ha und Jahr; der Anteil der Energieträger am Hof bei ca. 500 kg CO₂-Äq pro ha und Jahr. Für die Bewertung des Stromaufwands der Heubelüftung wird ein Emissionsfaktor von 0,3 kg CO₂-Äq pro kWh unterstellt (UMWELTBUNDESAMT 2017). Dies würde zusätzlich ca. 200 kg CO₂-Äq pro ha und Jahr bei Kaltbelüftung und ca. 400 kg CO₂-Äq pro ha und Jahr bei Entfeuchterttrocknung bedeuten.

Darüber hinaus unterscheiden sich zahlreiche weitere Umweltwirkungen je nach Konservierungsverfahren. Zu nennen wären beispielsweise die Vorleistungen (die sogenannte graue Energie) zur Herstellung der benötigten Anlagen, Maschinen und Betriebsmittel. Diese werden aber hier nicht näher behandelt, und ebenso wie die betriebsinternen Umweltwirkungen fließen auch die betriebsfremden Umweltwirkungen nicht in die monetäre Kosten-Leistungsbewertung der Verfahren ein.

4. Ergebnisse der wirtschaftlichen Bewertung

Die wirtschaftliche Bewertung der Verfahren gliedert sich in mehrere Teile. In den Abschnitten 4.1 bis 4.3 werden der Weg der Konserven vom Feld bis zu Futtertisch und Milchkuh betrachtet und die Verfahren hinsichtlich der Verlustraten und Milchleistungen verglichen. In den Abschnitten 4.4 bis 4.5 werden die Kosten und Erlöse der Verfahren je ha Grundfutterfläche gegenübergestellt. Der abschließende Abschnitt 4.6 zeigt eine wirtschaftliche Bewertung des Verlustrisikos der Verfahren.

Für den Grundfutterertrag und die Milchleistung zeigen die Versuchsdaten drei Effekte, die miteinander in Zusammenhang stehen. Denn die Feldphase beeinflusst auch die Ausgangsbedingungen am Lager und in weiterer Folge die Qualität zum Fütterungszeitpunkt und die Milchleistung. Als Ausgangspunkt der Berechnung aller drei Effekte dient der Ernteertrag zum Zeitpunkt der Mahd mit 7.913 kg Trockenmasse pro ha und 6,0 MJ NEL pro kg Trockenmasse.³ Die kalkulierten Verlustwerte orientieren sich am Versuch und werden eher gering veranschlagt, sie können also in der Praxis durchwegs höher liegen.

4.1 Feldphase und Ernteeffekt

Der erste wirtschaftliche Effekt betrifft die Unterschiede in den Atmungs-, Witterungs- und Bröckelverlusten bei der Ernte, aufgrund der unterschiedlichen Feldliegezeiten, Bearbeitungsgänge und Feinblattgehalte. Die Atmungsverluste entstehen durch Enzymtätigkeit in den noch lebenden Zellen. Sie werden anhand der Versuchsergebnisse und

³ Die Berechnung der Ertragsmenge wurde mit den Ertragsdaten aus einem anderen Versuchsprojekt auf derselben Wiesenfläche mit ebenfalls 4-Schnitt-Nutzung abgeglichen. Der Ernteertrag gemessen am Ladewagen betrug hierbei 6.812 kg TM/ha (GRUBER et al. 2000, bei Wirtschaftsdüngung und mineralischer Düngung). Dabei wurde das Futter einmal gezettet, einmal gewendet, und danach geschwadet und als Welkheu abtransportiert. Diese Vorgehensweise zur Ernte entspricht der Feldphase des Entfeuchterheus im Konservierungsversuch, das im Mittel ebenfalls einmal gezettet und einmal gewendet wurde. Zur Ermittlung des Feldertrags wird der Ladewagen-Ertrag um die mittleren Bröckelverluste des Entfeuchterheus in der Höhe von 784 kg TM/ha und die Veratmungsverluste in der Höhe von 4 % der TM korrigiert. Der mittlere Energiegehalt bestimmt sich ausgehend von den Messdaten im Konservierungsversuch, die für alle Versuchsjahre und Aufwüchse am Mähswad erhoben wurden, mit 6,0 MJ NEL/kg TM (RESCH, persönliche Mitteilung).

mit Literaturwerten abgeschätzt.⁴ Die Witterungsverluste werden mit Null angenommen, da die Ernte durchwegs bei guten Wetterbedingungen erfolgt ist. Die Bröckel- und Rechverluste wurden im Versuch über drei Jahre bei allen Schnitten mittels Saugmethode gemessen (PÖLLINGER 2015; für die absoluten Werte vgl. Abschnitt 3.1).

Tabelle 5 zeigt die unterschiedlichen Verlustquellen und das Ausmaß der Verluste während der unterschiedlich langen Feldphasen der Verfahren. Der größte Teil der Ernteverluste und der Unterschiede entfällt auf mechanische Verluste durch die Wendevorgänge. Diese betragen zwischen 19 %

Tabelle 5: Ertrag bei Mahd, Verluste am Feld

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
Ertrag bei Mahd				
TM [kg TM/ha]			7.913	
Energiegehalt [MJ NEL/kg TM]			6,0	
Energie [MJ NEL/ha]			47.475	
Atmungsverluste TM (Abschätzung) [%]	6	5	4	2
Atmungsverluste NEL (Ann. 1/5 der TM-Verluste) [%]	1,2	1,0	0,8	0,4
Bröckel- u. Rechverluste TM [%]	19	14	10	8
Bröckel- und Rechverluste NEL (Ann. 1/10 der TM-Verluste) [%]	1,9	1,4	1,0	0,8

Tabelle 6: Ertrag bei Einfuhr, Verluste zwischen Mahd und Einfuhr

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
Ertrag bei Einfuhr				
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
Ernteverluste zwischen Mahd und Einfuhr				
Trockenmasse [%]	25	19	14	10
Energiegehalt [%]	3	3	2	1
Energieertrag [%]	27	21	15	11

Tabelle 7: Lagerverluste zwischen Einfuhr und Futtertisch

Lagerverluste zwischen Einfuhr und Futtertisch	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
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
Energieertrag [MJ NEL]	2.972	1.986	2.539	5.158
Energieertrag [%]	9	5	6	12

⁴ Die Atmungsverluste wurden anhand von Messwerten aus dem Versuch (Energiegehalt) und mit Hilfe von Werten aus der Literatur 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 Verlustrate im Verlauf der Trocknung geringer wird. DULPHY (1987) 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).

⁵ Die Werte beziehen sich auf die im Versuch verwendete Zapfwendendrehzahl 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).

bei Bodenheuerhebung und nur 8 % bei Silagewerbung. Erst mit großem Abstand folgen danach Atmungsverluste. Diese resultieren aus der Enzymtätigkeit der noch lebenden Zellen während der Dauer am Feld, und sind somit von deren zeitlicher Länge abhängig. Die Verluste im Energiegehalt nehmen, verglichen mit den anderen Verlustquellen, eine nur untergeordnete Rolle ein.

Die Ertragswerte zur Einfuhr ergeben sich aus den Verlustwerten und korrespondieren mit den Messwerten im Versuch (RESCH 2014). Wie in *Tabelle 6* ersichtlich, differieren die Energieverluste der Verfahren zwischen 27 % und 11 % von der Ausgangsenergie. Relativ betrachtet sind gegenüber dem Kaltbelüftungsverfahren die Energieverluste bis zur Einfuhr bei Bodentrocknung um 30 % höher, bei Entfeuchtertrocknung um 25 % geringer und bei Silierung um 50 % geringer. Die Verlustwerte korrespondieren mit Angaben in der Literatur. BOHNE (2016) gibt Verluste von ca. 10 % bei einmal Wenden, ca. 15 % bei zweimal Wenden, ca. 23 % bei dreimal Wenden und ca. 30 % bei viermal Wenden an.⁵

4.2 Lagerungseffekt

Als zweiter Effekt unterscheiden sich die Lagerungsverläufe je nach Konservierungsart (Trocknung/Vergärung) und Trocknungstechnik. 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 2014).

Tabelle 7 zeigt die Verluste über die Lagerungsdauer. Hierbei wurden die Verluste an absoluter Trockenmasse am Lager anhand des Verlaufs der schwer fermentierbaren Futtermittelinhaltsstoffe Lignin und Rohfaser (RESCH 2014) und anhand von Literaturdaten mit 3 % der Trockenmasse für die Heukonservierung und

8 % der Trockenmasse für die Gärverluste und Nacherwärmung der Silagekonservierung veranschlagt (DILGER und FAULHABER 2006, STEINWIDDER et al. 2017). Hinzu kommen 0,5 % mechanisch bedingte Reste am Lager, die verloren gehen. Der gemessene Energiegehalt sank im Mittel der Varianten um 0,2 MJ NEL pro kg Trockenmasse (RESCH 2014, GRUBER et al. 2015).

Aus diesen Parametern resultieren für die Heuvarianten in der Größenordnung vergleichbare Energieverluste von ca. 2.000 bis 3.000 MJ NEL, der Energieverlust bei der Silagekonservierung und -lagerung liegt bei ca. 5.000 MJ NEL. In Summe beträgt der Energieverlust am Lager für Bodenheu 9 %, für Kaltbelüftungs- und Entfeuchterheu 5 bis 6 % und für die Silage ca. 12 %. Demnach treten bei Futter, welches mit hohen Gehaltswerten ins Lager gebracht wird (Tabelle 6), vergleichsweise hohe Konservierungsverluste auf (Tabelle 7).

Für den Vergleich der Konservierungsverfahren relevant sind die Gesamtverluste am Weg vom Feld bis zum Futtertisch (Summe von Ernte- und Lagerungseffekt). Tabelle 8 zeigt die am Futtertisch verbleibenden Erträge und die Gesamtverluste. Bezogen auf die identische Ausgangsenergie betragen die Energieverluste 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.

4.3 Fütterungs- und Milchleistungseffekt

Neben der Ernte- und Lagerungsphase sind als Drittes die Unterschiede am Wiederkäuer selbst zu vergleichen. Im

Tabelle 8: Ertrag am Futtertisch, Verluste zwischen Mahd und Futtertisch

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
Ertrag am Futtertisch				
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
Ertragsverluste zwischen Mahd und Futtertisch				
Trockenmasse [%]	27	22	17	17
Energiegehalt [%]	8	4	5	5
Energieertrag [%]	33	25	21	22
Energieertrag [MJ NEL/ha]	15.791	11.797	9.874	10.321

Tabelle 9: Futteraufnahme und Milchleistung

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

Versuch wurde festgestellt, dass sich Futter- und Energieaufnahme der Milchkühe zwischen den Konservierungsvarianten unterscheiden (Tabelle 3). Dies liegt primär an der unterschiedlichen Verdaulichkeit der Futtermittel (GRUBER et al. 2015). Für den wirtschaftlichen Vergleich werden die Jahresmilchleistungen betrachtet. Hierfür wurden die Versuchsergebnisse als Mittelwerte interpretiert und über den Laktationszeitraum von 305 Tagen hochgerechnet. Der Futterbedarf für die Trockenstehzeit wurde auf Basis der Versorgungsempfehlungen der GfE berechnet (GfE 2001).

Die Ergebnisse in Tabelle 9 zeigen eine höhere Energieaufnahme bei den Belüftungsheuvarianten gegenüber dem Bodenheu und der Silage. Zwar wird bei Silagefütterung am wenigsten Trockenmasse aufgenommen, der höhere Energiegehalt gegenüber dem Bodenheu gleicht diesen Nachteil aber aus. In Summe liegt die jährliche Energieaufnahme aus Grundfutter gegenüber dem Kaltbelüftungsheu bei Bodenheu um 6 % geringer, bei Entfeuchterheu gleich auf und bei Silage um 7 % geringer. Die Kraftfuttermenge beträgt durchwegs ca. 1.200 kg pro Kuh und Jahr und unterscheidet sich nur geringfügig zwischen den Verfahren.

Aus den Unterschieden in der Gesamtenergieaufnahme resultieren unterschiedliche Milchleistungen der einzelnen Konservierungsverfahren. Hierbei wird neben der Energie aus dem Grundfutter auch die Energie aus dem Kraftfutter mit bewertet; diese ist aber anteilig zur Grundfutteraufnahme bemessen. Die resultierenden Gesamtmilchleistungen pro Tier liegen im Bereich von ca. 7.500 bis 8.300 kg pro Jahr. Verglichen mit der Kaltbelüftungsvariante ist die jährliche Einzeltierleistung bei Bodenheufütterung um ca. 500 kg geringer und bei Silagefütterung um ca. 800 kg geringer. Dies würde bei einem Milchpreis von Euro 0,34 einem

Mindererlös von ca. Euro 170 bei Bodenheu- und Euro 270 bei Silagefütterung entsprechen. Verglichen mit den Milchleistungswerten der Heumilchstudie (KITTL und LINDNER 2016) bedeuten diese Ergebnisse, dass nur ein Teil der dort gefundenen Unterschiede zwischen den Betrieben aus dem Konservierungsverfahren an sich resultiert.

4.4 Flächenproduktivität der Verfahren

Für einen wirtschaftlichen Vergleich der Konservierungsverfahren insgesamt ist weniger die Einzeltierleistung entscheidend, sondern die Flächenproduktivität und die zusätzlichen Kosten und Erlöse der Verfahren je Flächeneinheit von Interesse. Als Bewertungsgröße wird die Gesamtmilchleistung je benötigter Grundfutterfläche herangezogen. Möglich ist dies aufgrund der gleichmäßigen Grundfutter-Kraftfutter-Relation in der Versuchsanordnung. Mit der Besatzdichte (Kühe pro Fläche) wird der Grundfutter-Energieertrag der einzelnen Konservierungsverfahren

ren (Tabelle 8) abzüglich 5 % Futterrest in Relation zur jeweiligen Futteraufnahme der Kühe (Tabelle 9) 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 höher 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 hoch wie beim Kaltbelüftungsheu, die Verluste sind aber um ca. 2.000 MJ NEL pro ha und Jahr geringer, und damit die mögliche Besatzdichte höher (Abbildung 7 und Tabelle 10).

4.5 Kosten- und Erlösdifferenz zwischen den Verfahren

Auf Basis der Milchproduktion pro Flächeneinheit und der in Abschnitt 3 diskutierten und getroffenen Annahmen

Tabelle 10: Flächenproduktivität; Grundfutterertrag und Milchleistung inkl. Kraftfutter

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
Grundfutterertrag, abzgl. 5 % Futterrest [MJ NEL/ha/a]	30.099	33.894	35.721	35.296
Besatzdichte Grundfutter [Kühe/ha]	1,04	1,11	1,17	1,24
Energieaufnahme aus Kraftfutter [MJ NEL/ha/a]	9.943	9.913	10.096	9.577
Milchproduktion pro Flächeneinheit [kg/ha/a]	8.058	9.173	9.751	9.251

können die Unterschiede in den Kosten und Leistungen zwischen den Verfahren errechnet werden. Im Unterschied zur oben dargestellten Bruttomilchproduktion wird hierbei der Verkaufsanteil der Milch mit 93 % veranschlagt (BMLFUW 2016). *Abbildung 8* stellt die Ergebnisse der Kalkulation dar. Die linke Seite der Grafik zeigt, welche Unterschiede in den Kosten der Verfahren bestehen. Gegenüber der Kaltbelüftung weist die Bodenheuwerbung geringere Kosten, die Entfeuchterheutrocknung höhere Kosten, und die Silageproduktion wiederum geringere Kosten auf. Auf der rechten Seite sind die Leistungen (= Erlöse) der Verfahren dargestellt. Gegenüber der Kaltbelüftung weist das Bodenheu negative Erlöse auf, da weniger Milch je ha produziert werden kann. Alle Heuverfahren weisen aber gegenüber der Silage höhere Erlöse auf, insofern der Heumilchzuschlag und die Prämie für den Silageverzicht veranschlagt werden. Betrachtet man die Differenz in den einzelnen Kostenpositionen (ΔK), fällt gegenüber der Kaltbelüftung die Abschreibung für das Lager bei Silierung geringer aus. Die Abschreibung für die Trocknungstechnik fällt bei Entfeuchter Trocknung höher aus. Für die Maschinenkosten gelten gleiche Abschreibungen für die Verfahren. Im Zuge der Ernte sind bei Bodenheuwerbung mehr, und bei Warmbelüftung und

Silierung weniger Wendevorgänge zu bewerten. Die variablen Kosten am Lager verringern bzw. erhöhen sich gegenüber der Kaltbelüftung v.a. um die Stromkosten und um die Kosten für den Silounterhalt.

Bei der Differenz der Leistungen (ΔL) ist zu unterscheiden zwischen dem Milcherlös aus dem Grundpreis (Euro 0,34), dem Zuschlag für die Heumilch (Euro 0,057) und der Flächenprämie. Die Milcherlöse aus dem

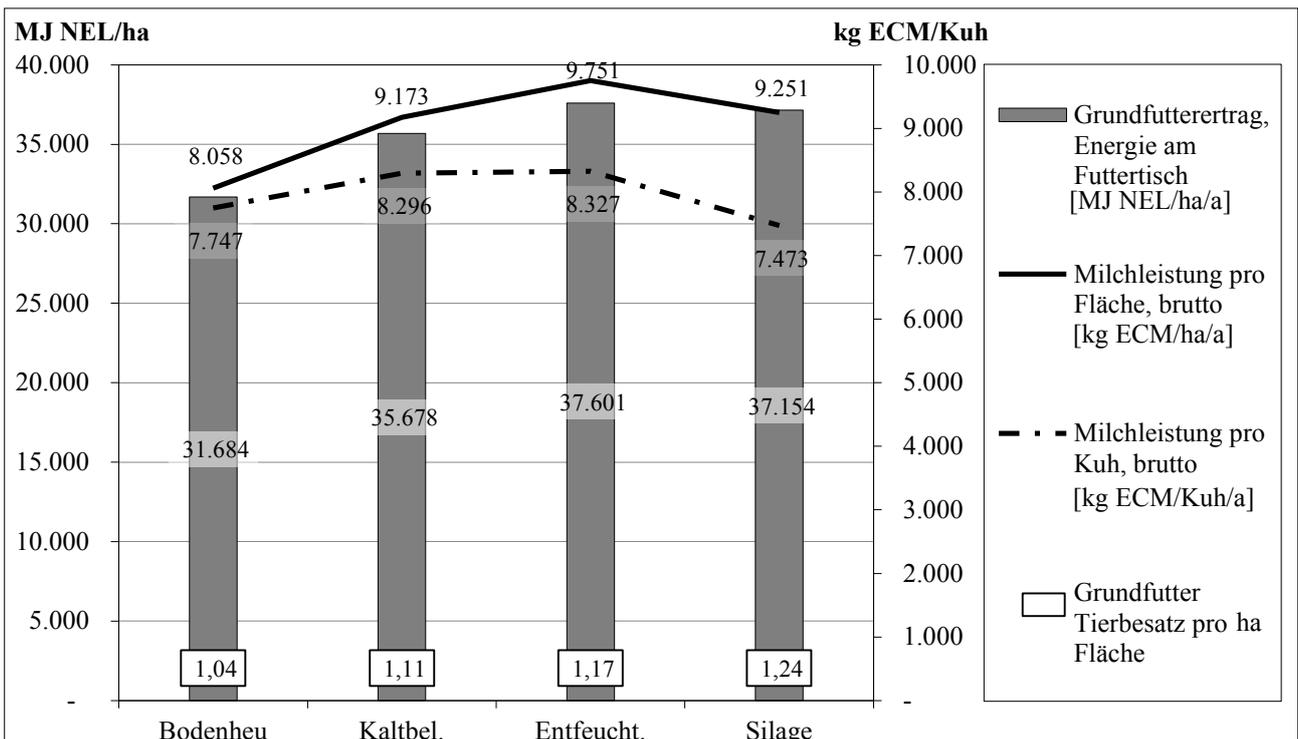


Abbildung 7: Flächenproduktivität; Grundfutterertrag und Milchleistung inkl. Kraftfutter

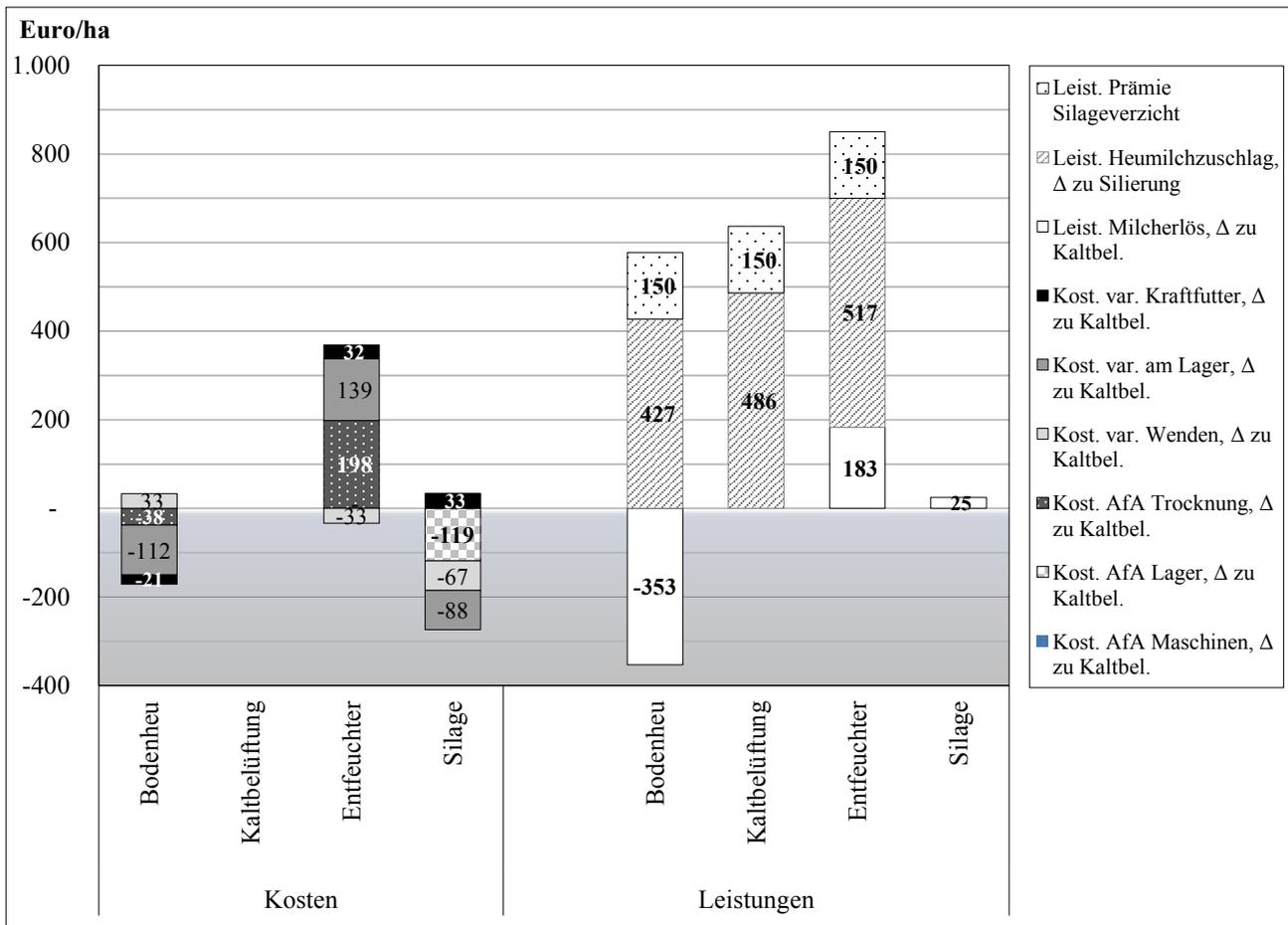


Abbildung 8: Unterschiede in den Kosten und Leistungen der Verfahren

Grundpreis sind, verglichen mit der Kaltbelüftung, beim Bodenheu um ca. Euro 350 geringer, beim Entfeuchterheu um ca. Euro 180 höher und bei der Silage etwa gleich hoch. Die Heukonservierung bringt zudem Erlöse aus dem Heumilchzuschlag und der ÖPUL-Prämie. Diese schlagen sich für alle Heuvarianten mit jeweils ca. Euro 600 an Mehrleistungen zu Buche.

Für die Verfahrensbewertung relevant ist die Differenz zwischen den verfahrensspezifischen Unterschieden ($\Delta L - \Delta K$). Die Werte hierzu sind in *Tabelle 11* dargestellt. Bei Bodenheuwerbung übersteigen die zusätzlichen Leistungen die zusätzlichen Kosten um Euro 362, bei Kaltbelüftung um Euro 636, bei Entfeuchtertrocknung um Euro 514 und bei Silierung um Euro 265. Demzufolge weist die Kaltbelüftung die günstigste Relation von Mehrerlösen zu Mehrkosten auf, gefolgt von der Entfeuchtertrocknung und der Bodenheuwerbung.

Vereinfacht gesagt zeigt der Kosten-Leistungs-Vergleich der Modellkalkulation:

(a) Für die Bodenheuwerbung mittlere Erlöse und Kosten pro ha und Jahr.

(b) Für die Kaltbelüftung hohe Erlöse und mittlere Kosten pro ha und Jahr.

(c) Für das Entfeuchterverfahren sehr hohe Erlöse und Kosten pro ha und Jahr.

(d) Für die Silageproduktion geringe Erlöse und geringe Kosten pro ha und Jahr.

Die Erlös-Kostendifferenz ist gegenüber dem Kaltbelüftungsheu beim Bodenheu ca. Euro 300 pro ha und Jahr, beim Entfeuchterheu ca. Euro 100 pro ha und Jahr und bei Silage ca. Euro 400 pro ha und Jahr geringer.

Es ist allerdings zu beachten, dass diese Resultate davon ausgehen, dass jedes Ernteverfahren zum selben Zeitpunkt möglich ist und auch durchgeführt wird. Im Versuch wurden alle Varianten unabhängig von der Witterung zugleich gemäht. Die Kalkulation geht also von der Möglichkeit zu einer erfolgreichen Konservierung zum angepeilten Schnitzeitpunkt aus. Eine solche Annahme ist in der Praxis aber vielfach nicht realistisch, insbesondere aufgrund der Klima- und Witterungsbedingungen bzw. aufgrund der Erntegelegenheiten und der Arbeitssituation, gerade bei

Bodenheuwerbung, aber auch bei Kaltbelüftungsheuwerbung. Es wird daher in weiterer Folge eine Bewertung des Ernte- und Verlustrisikos der Verfahren vorgeschlagen, um die Modellergebnisse dahingehend zu erweitern.

Tabelle 11: Zusätzliche Kosten und Leistungen der einzelnen Verfahren

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
Zusätzliche Leistungen [Euro/ha]	224	636	850	25
Zusätzliche Kosten [Euro/ha]	-138	0	336	-241
$\Delta L - \Delta K$	362	636	514	265

4.6 Bewertung des Verlustrisikos der Verfahren

Das Verlustrisiko ist definiert als Produkt aus Schadensausmaß (Ertragsminderung) und Eintrittswahrscheinlichkeit über mehrere Perioden hinweg. Die Ertragsminderung kann beispielsweise durch schlechte Witterungsbedingungen oder Futtermittelverderb am Lager zu Stande kommen. In der Tat können alle ertragsmindernden Umstände als Schadensausmaß interpretiert werden: (A) Die Terminbindung bei der Ernte, die zu einem ungünstigen bzw. zu späten Schnitzeitpunkt und zu einem Verlust im Energie-Gehalt des Futters führen kann, bzw. am Feld Witterungsverluste und Auswaschung bewirkt, oder ungewollte Arbeitsspitzen erzeugt. (B) Im Zuge der Konservierung kann es zu unzureichender Lagerstabilität, zu einer Fehlgärung und zu einem teilweisen bis vollständigen Futtermittelverderb von Chargen am Lager kommen. (C) Auch eine Folgewirkung im Zuge der Fütterung kann als Schaden bewertet werden; insbesondere eine geringere Futteraufnahme und Milchleistung, bis hin zu einer reduzierten oder gefährdeten Tiergesundheit.

Die Abschätzung des Verlustrisikos kann sich in der Praxis an den folgenden beiden Fragen orientieren: Wie hoch ist der potenzielle Schaden, wenn z.B. eine schlechte Charge eingefahren wird oder der letzte Schnitt ausfällt? Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass dieser Fall eintritt? Zuerst erfolgt die Schätzung der beiden Prozentwerte (Schaden und Wahrscheinlichkeit), danach multipliziert man die beiden Werte und erhält so einen Orientierungswert für das Verlustrisiko.

Tabelle 12 zeigt die Vorgehensweise anhand eines Zahlenbeispiels. Im Beispiel wird befürchtet, dass der letzte Schnitt im September/Oktober nicht mehr unbeschadet als Bodenheu eingefahren werden kann, und das Futter dadurch um 20 % an Futterwert verlieren würde. Die Wahrscheinlichkeit dafür ist sehr hoch, denn erfahrungsgemäß bringt am Standort nur eines von zwei Jahren (= 50 %) ein ausreichend schönes Wetter für ein geeignetes Erntefenster im Herbst. Das Verlustrisiko berechnet sich als $20 / 100 * 50 / 100 = 10 \%$. Die gleiche Kalkulation am Beispiel der Silage könnte lauten: Es wird angenommen, dass eine schlecht vergorene Charge im Futterwert um 10 % abfällt („Schadensausmaß“), und dass bei jeder 5. Charge (= 20 %) mit einer Fehlgärung zu rechnen ist („Wahrscheinlichkeit“). Das Verlustrisiko beträgt $10 / 100 * 20 / 100 = 2 \%$.

Tabelle 12: Beispieltabelle zur Abschätzung des Verlustrisikos

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
Schadensausmaß	20 %	20 %	10 %	10 %
Wahrscheinlichkeit	50 %	20 %	10 %	20 %
Verlustrisiko	10 %	4 %	1 %	2 %

Tabelle 13: Unterschiede in den Kosten und Leistungen, Risikobewertung im Modell

	Bodenheu	Kaltbelüftung	Entfeuchter	Silage
$\Delta L - \Delta K$ [Euro]	362	636	514	265
bei Verlustrisiko [%]	0	0	0	0
$\Delta L - \Delta K$ [Euro]	465	616	617	368
bei Verlustrisiko [%]	0	4	0	0
$\Delta L - \Delta K$ [Euro]	576	576	825	577
bei Verlustrisiko [%]	4	12	0	0

Aufbauend auf den Modellergebnissen ist das Ziel von *Tabelle 13*, Werte für das Verlustrisiko anzugeben, ab dem eine Warmbelüftung oder Silierung vorteilhaft wäre. Es wurde hierfür ausgehend von den Versuchsdaten berechnet, ab welchem Verlustrisiko das Entfeuchterverfahren und das Silageverfahren der Kaltbelüftung bzw. der Bodenheuerwerbung überlegen sind. In der *Tabelle 13* sind die Grenzwerte für das Verlustrisiko sowie die korrespondierenden Kosten und Leistungen der Verfahren eingetragen.

Die Kalkulation zeigt, dass ab einem zusätzlichen Ertragsverlust von 4 % bei Kaltbelüftung das Entfeuchterverfahren überlegen wäre. Ein Verlustrisiko von 4 % bedeutet, dass der Grundfutterertrag um 4 % sinkt. Dadurch sinkt auch und die Milchleistung und damit auch der Erlös aus dem Milchverkauf. Dadurch steigen die Erlöswerte der anderen drei Verfahren in Relation zum Kaltbelüftungsverfahren um ca. Euro 100 pro Hektar und Jahr.

Ab einem Verlustrisiko von 4 % bei Bodenheuerwerbung und 12 % bei Kaltbelüftung wäre auch das Silageverfahren überlegen. In der Versuchsdurchführung zeigte sich auch, dass diese Werte schnell erreicht werden. Denn in einem der drei Versuchsjahre war die Witterung beim letzten Schnitt im September dermaßen ungünstig, dass das Bodenheu nicht fertig getrocknet werden konnte (PÖLLINGER 2015).

5. Diskussion

Zusammenfassend zeigt die Betrachtung, dass jedes der untersuchten Verfahren den anderen wirtschaftlich überlegen sein kann, und somit je nach den gegebenen Rahmenbedingungen seine Berechtigung hat. Mit der Versuchsanordnung und der daraus abgeleiteten Modellkalkulation ist es jedenfalls gelungen, die Unterschiede zwischen der Bodenheuerwerbung, der Kaltbelüftung, der Entfeuchterdrehnung und der Silageproduktion bei gleichen Ausgangsbedingungen am Feld klar herauszuarbeiten und quantitativ und monetär vergleichbar zu machen.

Eine Reflexion der kalkulatorischen Ergebnisse ist aber in mehrerer Hinsicht erforderlich. Erstens wurden im Versuch und in der Modellkalkulation Annahmen für einen mittleren Heumilchbetrieb in Österreich getroffen; die Unterschiede in den einzelbetrieblichen Bedingungen in der Praxis können damit nicht erfasst werden (Erträge, Klima, Baubestand, Arbeitskräfte, etc.). Zweitens hat der Einsatz einer Konservierungstechnik Auswirkungen in allen betrieblichen Bereichen und auch über den Betrieb hinaus, deren Zusammenhänge mit der Wirtschaftlichkeitskalkulation nicht erfasst werden können. Drittens besteht weiterer Forschungsbedarf, insbesondere in Hinblick auf den Energieeinsatz bei den Verfahren, die Bedeutung der arbeitswirtschaftlichen Ausgestaltung, die Umweltwirkungen und die weitere Entwicklung des Produkts Heumilch auf den Märkten.

5.1 Zusammenfassung der Modellergebnisse

Der Versuch und die Modellkalkulation zeigen für die beiden Belüftungsheuverfahren und für das Sila-

geverfahren eine vergleichbar hohe Flächenproduktivität. In diesem Parameter fällt einzig die Bodenheufütterung ab. Die Futterverluste waren insgesamt bei der Entfeuchtertrocknung und bei der Silierung deutlich geringer. Beide Belüftungsheuvarianten wiesen eine deutlich höhere Grundfutteraufnahme und Milchleistung je Einzeltier auf. Die Bewertung der verfahrensspezifischen Kosten und Leistungen zeigt numerisch einen leichten Vorteil für die beiden Unterdachtrocknungsverfahren.

Insgesamt zeigt sich aber kein großer finanzieller Mehrwert durch eine Höherentechnisierung zum Entfeuchter- oder Silageverfahren. Besteht allerdings ein Risiko für Ertragsverluste, so kann dieses den Mehraufwand der beiden Verfahren absolut rechtfertigen. Zu beachten ist, dass im vorliegenden Vergleich eine ganzjährige Fütterung mit nur einem Konservierungsverfahren unterstellt wurde. Je höher der Anteil an anderen Futtermitteln wird, desto stärker würden die Investitionskosten für die Technik ins Gewicht fallen. Andererseits geht die vorliegende Arbeit von einem Grünlandertrag von ca. 8.000 kg Trockenmasse je ha aus. Bei höheren Erträgen würden sich die Investitionskosten wiederum auf mehr Produktionseinheiten verteilen.

5.2 Überlegungen zur Verfahrensauswahl in der Praxis

In der Praxis weisen die Standorte, die betrieblichen Anlagen und mit ihnen die Investitionskosten, die variablen Kosten und die arbeitswirtschaftliche Situation auf den Grünlandbetrieben in Österreich erhebliche Unterschiede auf. Die Frage der Wirtschaftlichkeit der Produktion von Bodenheu, Belüftungsheu oder Silage ist daher betriebsindividuell unter mehreren Aspekten zu betrachten. Schließlich treten am landwirtschaftlichen Betrieb hierdurch auch finanzielle Auswirkungen auf.

Zentraler Ausgangspunkt ist die Frage der Grünlandnutzung am Standort. Eine Höherentechnisierung der Futterkonservierung bedeutet eine kürzere Feldphase, weniger Abhängigkeit von der Witterung und tendenziell eine Intensivierung der Feldnutzung, verbunden mit all ihren Konsequenzen. Es entstehen damit eine höhere Kapitalbindung und Abhängigkeit von externen Leistungen (z.B. für die Nachsaat), und langfristig ist die Frage nach dem Grenzertrag des Standortes zu bedenken.

Betrachtet man die Märkte, so ist die Frage der Chance auf die Vermarktung der Heumilch zentral. Aufgrund von Preisdruck und Schwankungen am Weltmilchmarkt ist das Ziel eine Milchproduktion, die nicht auf den allgemeinen Massenmarkt setzt. Zugleich ist man gerade bei Belüftungsheuproduktion auf die eingesetzten Energieträger angewiesen, die mitunter auf globalen Märkten zugekauft werden müssen. Zu bedenken ist auch, dass der Mehrwert der Heumilch in einem ökologischen Versprechen an die Konsumenten besteht. Die reine Heuproduktion kann aber auch ohne Marktzuschlag wirtschaftlich sein, was sowohl der direkte Vergleich als auch viele Betriebe in der Praxis zeigen.

Betriebswirtschaftlich bedeutend ist die eingesetzte Technik. Jedenfalls kostengünstig in Anschaffung und Betrieb ist eine Vorrichtung zur Absaugung der Luft unter dem Dach, die dort von der Sonne angewärmt wird. Jede Höherentech-

nisierung bedeutet Investitionskosten, Kapitalbedarf und eine langfristige Bindung; zugleich entstehen Energiekosten und laufende Betriebskosten. Ausgangspunkt der Entscheidung muss der bauliche Bestand sein. Häufig ist eine Veränderung mit der Frage der Betriebsentwicklung oder Betriebsfortführung verbunden. Die Schlagkraft von modernen Trocknungsanlagen ist mittlerweile sehr hoch und stellt keine Beschränkung mehr dar. Zielführend ist es, verschiedene Informationen über die Angebote der Hersteller einzuholen, um eine reibungsfreie Installation der Anlage sowie später einen fehlerfreien, benutzerfreundlichen und kostengünstigen Betrieb sicherzustellen.

Hinsichtlich der Produktivität im Grundfutter unterscheiden sich die einzelnen Konservierungsverfahren, und zwar primär aufgrund der unterschiedlichen Feldphase. Muss das Heu oft gewendet werden, sinken als Konsequenz der Ertrag und die Futterqualität. Dennoch kann auch die Bodentrocknung bei entsprechenden Bedingungen sehr gut geeignet sein, etwa beim zweiten oder dritten Schnitt im Sommer, bei trockenen Böden, sonnseitiger Lage oder geringer Erntemenge. Bei der Silierung ist zwar die Feldphase kurz, der Energieertrag sinkt aber durch die Fermentation im Siloballen oder am Silolager. Unabdingbar für eine hohe Futterqualität, Futteraufnahme und Milchleistung ist jedenfalls das Beherrschen des jeweiligen Konservierungsverfahrens.

In Hinblick auf die Arbeitswirtschaft kann Belüftungsheu zu erheblichen zeitlichen Erleichterungen während der Erntezeit beitragen und auch die Fütterung der Tiere erleichtern. Hier zeigt Bodenheu Nachteile durch die starke Terminbindung an geeignete Wetterfenster. Die Silageproduktion am Fahrtilo erfordert die Organisation der Häckselkette, und auch die Rationierung gestaltet sich mitunter schwieriger. Genauere Details zu den arbeitswirtschaftlichen Abläufen von verschiedenen Systemen der Belüftungsheuproduktion werden derzeit an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft erforscht und in absehbarer Zeit als Veröffentlichungen vorliegen.

Ausgehend von der Produktionsintensivierung, die mit einer Höherentechnisierung entsteht, ist abschließend die Frage der Umweltwirkungen zu stellen. Ein langfristiges Ziel aus Sicht der Grünlandwirtschaft ist eine für jedes Feldstück angepasste Nutzung. Der Zukauf von Betriebsmitteln wie beispielsweise von Energieträgern führt zu Wirkungen außerhalb des eigenen Betriebes. Dem könnte, je nach betrieblicher Ausrichtung, wiederum der Vorteil eines höheren Grundfutteranteils in der Ration gegenüberstehen.

6. 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).
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2016: Milchproduktion 2016 – Ergebnisse und Konsequenzen der Betriebszweigauswertung aus den Arbeitskreisen in Österreich. Wien.

- BMFWF (Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft), 2016: Energiestatus 2016. Wien.
- 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 I. FAULHABER, 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, 103-124.
- FASCHING, C., L. GRUBER, B. MIETSCHNIG, A. SCHAUER, J. HÄUSLER und A. ADELWÖHRER, 2015: Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Milchproduktionswert im Vergleich zu Silage. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 67-74.
- FORMAYER, H., G. VOLK und A. WEBER, 2000: Endbericht zum Projekt: Ermittlung der verfügbaren Feldarbeitstage für die Landwirtschaft in Österreich. Universität für Bodenkultur und Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag Frankfurt.
- GREIMEL, M. und F. HANDLER, 2004: Abschlussbericht „Arbeitszeitbedarf in der österreichischen Landwirtschaft“. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein und Bundesanstalt für Agrartechnik. Irdning und Wieselburg.
- GRUBER, L., R. RESCH, A. SCHAUER, B. STEINER und C. FASCHING, 2015: Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Futterwert von Wiesenfutter im Vergleich zur Silierung. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 57-66.
- GUGGENBERGER, T. und M. HERNDL, 2017: Ökoeffiziente Milchviehhaltung. Abschlussstagung des Projektes Ökoeffiziente Milchviehhaltung in der Modellregion Bezirk Liezen, 17.-18. Oktober 2017. HBLFA Raumberg-Gumpenstein.
- KIRNER, L., 2017: Betriebswirtschaftliche Aspekte von Strategien für Milchviehbetriebe in Österreich unter volatilen Märkten. 44. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 05.-06. April 2017, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 1-14.
- KIRNER, L., M. KITTL und G. LINDNER, 2017: Heumilch: Verpassen Sie den Anschluss nicht. Top agrar Österreich, 7/2017, 14-17.
- KITTL, M. und G. LINDNER, 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.
- NBS, 2017: Erste Erfahrungswerte zum Energieverbrauch bei der Heutrocknung in 2017. Aue Milch GbR, Zeven.
- NYDEGGER, F. und G. WIRLEITNER, 2014: Vergleich von Kapazität und Kosten verschiedener Unterdachtrocknungsverfahren. 19. Alpenländisches Expertenforum 2014, Reckenholz.
- OVER, R., 2009: Grundfutterkosten: Schlüssel zum Erfolg. landinfo 7/2009, 37-43.
- ÖKL (Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung), 2017: Heutrocknung – Technische Grundlagen für die Bauplanung. ÖKL LTS 236, Wien.
- PÖLLINGER, A., 2014: Heutrocknungsverfahren im Vergleich. 19. Alpenländisches Expertenforum, 03. April 2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 35-44.
- PÖLLINGER, A., 2015: Technische Kennzahlen zu verschiedenen Heutrocknungsmethoden. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 41-48.
- RESCH, R., 2010: Qualitätsbewertung von österreichischen Grassilagen und Silomais aus Praxisbetrieben. Abschlussbericht der wissenschaftlichen Tätigkeit „Silagequalität“ Raumberg-Gumpenstein.
- RESCH, R., 2013: Einfluss des Konservierungsmanagements auf die Qualität von Raufutter österreichischer Rinderbetriebe – Ergebnisse aus LK-Heuprojekten. 40. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 18.-19. April 2013, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 57-72.
- RESCH, R., 2014: Auswirkungen unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Raufutterqualität. 19. Alpenländisches Expertenforum, 03. April 2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 45-53.
- SCHAUMBERGER, A., 2011: Räumliche Modelle zur Vegetations- und Ertragsdynamik im Wirtschaftsgrünland. Forschungsbericht / Dissertation, HBLFA Raumberg-Gumpenstein / Graz.
- STEINWIDDER, A., W. STARZ, H. ROHRER und R. PFISTER, 2017: Systemvergleich – Einfluss von Vollweide- oder Stallfütterung auf die Milchproduktion im Berggebiet Österreichs. Österreichische Fachtagung für Biologische Landwirtschaft, 09. November 2017, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 15-44.
- SUTTER, M. und B. REIDY, 2013: Was Konservierungsverluste kosten. Profi Lait, 7-8 2013, 62-63.
- UMWELTBUNDESAMT, 2017: Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger – Datenstand: Oktober 2017. URL: <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.html> (30.01.2018).
- WIRLEITNER, G., 2010: Qualitätsheu durch energieeffiziente Technik. 37. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 13.-14. April 2010, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 71-80.