

# Vermeidung von Qualitäts- und Massenverlusten als Schlüssel zur Verbesserung von Silagen und Heu

Reinhard Resch<sup>1\*</sup>

## Zusammenfassung

Der Erfolg der Erzeugung von Grundfutterkonserven wie Silage und Heu hängt unmittelbar mit guter Führung der Grünland-/Feldfutterbestände sowie der Bewahrung der abgemähten Futtermasse und deren Futterqualität zusammen. Wenn es gelingt Grundfutter-Verlustquellen bei der Ernte, Konservierung, Lagerung und Futtervorlage zu identifizieren und auf ein Minimum zu beschränken, kann von professionellem Management gesprochen werden. Die Verlustquellen an Masse und Qualität erscheinen vielfältig und reichen von der Mahd bis auf den Futtertisch. Durch Futtermengenerfassung, sensorische Futterbewertung und Futterprobenanalyse können Schafhalter\*innen Einblick in die betriebseigenen Verlustquellen erhalten. Mit der Anwendung von wirkungsvollen und wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen im Bereich der Futterwirtschaft kann der Betriebserfolg auch in Zeiten verschiedener Herausforderungen sichergestellt werden.

Schlagwörter: Feldverluste, Konservierungsverluste, Lagerungsverluste, Futterhygiene

## Summary

Success of the production of forage conservatives like silage and hay is directly related to well managed grassland and best preservation of the mown forage mass and its forage quality. Professional forage management is based on the identification of sources of forage loss during harvesting, preservation, storage and forage presentation to ruminants, also kept losses to a minimum. The sources of loss in mass and quality appear to be diverse and range from mowing to the barn. Sheep farmers can gain insight into the farm's own sources of loss if they practice forage quantity recording, sensory forage evaluation and laboratory sample analysis. Farm success could be ensured by application of effective and economically viable forage management measures, even in times of various challenges.

Keywords: field losses, conservation losses, storage losses, hygienic status of feeds

## 1. Einleitung

Die Futterqualität von Futterkonserven steht in engem Zusammenhang mit mikrobiologischen und chemischen Abbauprozessen. Die Höhe der Stoff- bzw. Masseverluste, die Veränderung des Futterwertes sowie die Futtermittelhygiene definieren nach STEINHÖFEL et al. (2022) den Erfolg der Konservierung. Im Laufe von Futterernte, Konservierung, Lagerung und Futterentnahme treten unterschiedlich hohe mengenmäßige

<sup>1</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

\* Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, email: reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

und qualitative Veränderungen, speziell in Form von Energie- und Nährstoffverlusten auf. Das aktuell angewandte Bewertungssystem für den Konserviererfolg von Grünfuttersilagen basiert auf der Beziehung zwischen den Gehalten an Buttersäure und Essigsäure in Grünfuttersilagen und den in Silierversuchen gemessenen Masseverlusten (KAISER et al. 2006). Die bei der Grünfütterkonservierung zu erwartenden Verluste an organischer Substanz sind einerseits verfahrensbedingt unvermeidbar, ein Teil der Verluste ist allerdings vermeidbar (WEISSBACH 1993; STEINHÖFEL 2020). Zu den Verlustursachen zählen mechanische Verluste, die durch Bearbeitung der Futtermittel im Zusammenhang mit der Konservierung entstehen, sowie Atmungs- und Fermentationsverluste, bei denen leicht lösliche und gut fermentierbare Nährstoffe, vor allem Kohlenhydrate, veratmet bzw. verstoffwechselt werden.

Neben quantitativen Verlusten hat die Konservierung, Lagerung und Entnahme auch einen mehr oder weniger starken Effekt auf Futterwertparameter und auf spezifische Nährstoffqualitäten der Futtermittel, wodurch Umfang und Dynamik des ruminalen Abbaus und die Gesamtverdaulichkeit beeinflusst werden. Folgende Veränderungen sind hier zu beachten:

#### **Verluste verändern Verdaulichkeit/Energiedichte**

Der Erntezeitpunkt muss als Verlustquelle für Qualität betrachtet werden, weil sich Pflanzen durch ihre fortschreitende phänologische Entwicklung in ihrer stofflichen Zusammensetzung verändern. Nach RESCH et al. (2015) sind neben der Nutzungshäufigkeit auch Bestandestyp, Düngungsintensität, Standort und Wetterbedingungen für Minderung an Futterqualität verantwortlich. Verluste an wertvoller Blattmasse hängen nach PÖLLINGER (2014) mit dem TM-Gehalt des Ernteguts und der Art der mechanischen Bearbeitung bis zur Ernte zusammen. Suboptimale Recharbeit von Schwadsystemen kann gerätespezifische Ernteverluste verursachen, die auch als Rechverluste bezeichnet werden. Darüber hinaus gibt es Blattmassen, welche durch Abbröckelung verloren gehen. Diese Verluste werden als Bröckelverluste bezeichnet. Weiters sind Verluste an organischer Substanz durch Atmung, Fermentation, Saftaustritt und Verderb zu erwähnen, die in der Folge zur Abnahme von löslichen Nährstoffen, Verdaulichkeit und Energiedichte sowie zur Zunahme von Asche führen.

#### **Pflanzeigene und mikrobielle Enzyme verändern Nährstoffqualität**

Die Fermentation von vergärbaren Zuckern hinterlässt in Grassilagen flüchtige Fettsäuren, Alkohole und Ester. Proteinabbau durch Proteolyse und Desmolyse von Aminosäuren lässt Ammonium, Carbonsäuren,  $\gamma$ -Aminobuttersäure (GABA) und biogene Amine entstehen (McDONALD 1981). Darüber hinaus können Fette und fettlösliche Vitamine oxidieren, Mineralstoffe durch Komplexbildung reduziert oder antinutritive bzw. toxische Inhaltsstoffe deaktiviert oder detoxifiziert werden. All diese Veränderungen können die Quantität und die Verfügbarkeit von Inhaltsstoffen sowie die Futterraufnahme einschränken.

### **Mikrobiologische Kontamination und Verderb**

Nach PAHLOW et al. (2003) können erdige Futtermittelverschmutzung, Wirtschaftsdüngerreste, Kadaver u.a. Silage und Heu mit schädlichen Keimen und Sporen belasten, welche in der Folge durch mikrobielles Wachstum einen Verderb auslösen können. Durch Hitze- einwirkung über 40 °C werden aufgrund mikrobieller Umsetzungen Futtermittelkonserven gebräunt (Maillard-Reaktion), wodurch sich der Anteil an pansenbeständigem (UDP) bzw. unverdaulichem Protein (CNCPS-Fraktion C nach LICITRA et al. (1996)) erhöht und sich der Gehalt der essentiellen Aminosäuren reduziert (GOERING et al. 1972).

### **Veränderung nach Siloöffnung**

Nach Siloöffnung tritt Luftsauerstoff in den Silostock ein, wonach säuretolerante Hefen, aerobe Bakterien wie *Acetobacter*, aber auch Schimmelpilze, mehr oder weniger stark Gär- säuren und vorhandenen Restzucker verstoffwechseln. Bei zu geringer aerober Stabili- tät kommt es zu einem Anstieg von pH-Wert und Temperatur (Atmungswärme). Nach RICHTER et al. (2009) sind aerobe Verderbprozesse durch Erhöhung der Keimzahlen an milchsäureabbauenden Hefen, Etablierung einer Lagerpilzflora (*Penicillien*, *Aspergillen*, *Mucor*), Verringerung des TM-Gehaltes aufgrund Wasserbildung, Bildung von Kohlendioxid und Verlust an organischer Masse gekennzeichnet.

### **Überlagerung von Futtermittelkonserven**

Üblicherweise erreichen Silagen und Heu mehrere Wochen nach der Einlagerung einen Zustand, wo sich die mikrobiologische Situation soweit stabilisieren sollte, dass eine Lagerung für zumindest mehrere Monate möglich sein sollte ohne zu verderben (PAH- LOW et al. 2003). Prinzipiell gilt, je günstiger die Futtermittelkonservierung verlief und die Lagerungsbedingungen sind, umso länger können Futtermittelkonserven gelagert werden. Das Mikrobiom in den Futtermittelkonserven ist in der Lagerphase nicht völlig unaktiv, daher kommt es je nach den vorliegenden Bedingungen zu mehr oder weniger stark ausgeprägten Lagerungsverlusten.

### **Mechanische Bearbeitung und Strukturwirksamkeit**

Die Strukturwirksamkeit von Grundfutter verringert sich für Wiederkäuer, wenn zu kurze Partikellängen unter 5 mm z.B. durch zu kurze Häckselung, Vermusung durch Fräsen- nahme oder falsche Mischung im Mischwagen, sowie durch destruktiven Heueintrag in den Heustock mittels Gebläse vorliegen. Nach ZEBELI et al. (2008) ist ein Mindestgehalt an physikalisch effektiven Zellwandbestandteilen (peNDF) erforderlich, damit eine Ration wiederkäuergerecht ist.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1 Grünland-Bestandestypen und deren Nutzungszeitpunkt**

In Futterwerttabellen (DLG 1997; RESCH et al. 2006) werden repräsentative, länderspezi- fische Grünlandbestandestypen differenziert, weil deren Einfluss auf die Futterqualität

festgestellt wurde. Nach RESCH et al. (2015) konnte eine Poolung der Artengruppenverhältnisse nach Schweizer Kriterien den signifikanten Effekt auf die Futterqualität bei folgenden Bestandestypen bestätigen: gräserreich – Grasanteil > 70 %, ausgewogen – Grasanteil 50 - 70 %, kräuterreich – Kräuter + Leguminosen > 50 % und Leguminosen < 50 %, leguminosenreich – Leguminosen > 50 %.

## 2.2 Bröckel- und Aufnahmeverluste

Die Messung von Rechverlusten erfolgt neben dem Aufnahmeschwad in einem ausgelegten Quadratmeterrahmen. Das oberflächlich liegende Erntegut wird mit einem Fächerbesen aus Metall vorsichtig aufgelesen und in einen Probensack gegeben. Die gesammelte Futtermasse abzüglich Steine und abgestorbenen Pflanzenmaterial ergibt die Rechverluste. Die Bröckelverluste werden ebenfalls im gleichen Quadratmeterrahmen mittels Staubsaugermethode (BECKHOFF et al. 1979 bzw. PÖLLINGER 2015) nach Entfernung der Rechverluste erfasst. Dazu wird mit einem Industriesauger in langsamen Hin- und Herbewegungen im Bodenabstand von 3 - 5 cm das oberflächlich aufliegende Pflanzenmaterial abgesaugt. Das Absaugen wird in beide Richtungen und in zweifacher Wiederholung durchgeführt. Pro Variante werden ca. 10 verschiedene Messstellen beprobt. Das gesammelte Material der Rech- und Bröckelverlustproben wird händisch von Steinen, Erde und toter organischer Masse befreit und anschließend bei 50 °C ofengetrocknet und exakt gewogen, um die TM-Verluste berechnen zu können.

## 2.3 Futteranalysen

Alle österreichischen Futterproben wurden auf Weender-Inhaltsstoffe (Rohprotein [XP], Rohfaser [XF], Rohfett [XL] und Rohasche [XA] nach VDLUFA (1976) untersucht. Gerüstsubstanzen (NDF, ADF und ADL) wurden ebenso wie Mineralstoffe (Ca, P, K, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Na) nach VDLUFA (1976) analysiert. Die *in vitro*-Verdaulichkeit der OM [dOM] wurde nach TILLEY und TERRY (1963) untersucht. Die energetische Bewertung der Futterproben wurde in Österreich von den DLG-Futterwerttabellen (DLG 1997) abgeleitet. Mikrobiologische Analysen wurden nach VDLUFA (2007a) und die mikrobiologische Qualitätsbewertung nach VDLUFA (2007b) durchgeführt.

## 2.4 Statistische Auswertung

Die Effekte der Nutzungshäufigkeit auf die Ertragsanteile von Gräsern, Kräutern und Leguminosen sowie die Effekte von Nutzungshäufigkeit und Bestandestyp auf verschiedene Parameter der Futterqualität wurden in Österreich mit Hilfe eines allgemeinen linearen Modells (GLM) untersucht. Als Kovariate wurde die Seehöhe herangezogen. Die Mehrfachvergleiche wurden nach Scheffé (Signifikanzniveau  $P = 0,05$ ) gerechnet. Aufgrund der geringen Probenanzahl in der Gruppe leguminosenreich konnte keine vollständige Analyse der Wechselwirkungen (Bestandestyp x Nutzungshäufigkeit) durchgeführt werden, daher wurde die 2-fache Wechselwirkung im Modell nicht berücksichtigt. Die im Beitrag gezeigten Wechselwirkungsgrafiken basieren auf Mittelwerten einer Kreuztabellenauswertung (SPSS 22).

### 3. Ergebnisse

Schafbetriebe sind auf wirtschaftseigene Futterkonserven von guter Qualität angewiesen, um die Tiere abseits der Weide optimal mit Nährstoffen und Energie versorgen zu können. Angesichts verschiedener Herausforderungen für die Betriebe, wie Klimafolgen, Erhöhung von Kosten für Betriebs- und Zukauffuttermittel etc., ist ein guter wirtschaftlicher Erfolg in der Produktion von Futterkonserven von Wichtigkeit. Die Reduktion von Mengen- und Qualitätsverlusten bei den eigenen Silage- und Heupartien kann wesentlich dazu beitragen den Erfolg zu verbessern. Betriebsleiter\*innen sollte bewusst sein, wo Verluste entstehen können und welche Maßnahmen zur Reduktion von Verlusten führen. Nachstehend werden beispielhafte Untersuchungen vorgestellt, um zu zeigen welche Verlustquellen es gibt und wie hoch Verluste sein können. Meist beziehen sich die Ergebnisse auf Rinderbetriebe. Diese sollten jedoch verhältnismäßig gut auf Schafbetriebe übertagen werden können.

#### 3.1 Feldverluste

Nach DULPHY (1987) treten Feldverluste bei der Futterernte vorwiegend in Form von Atmungsverlusten, mechanischen Verlusten und bei Regengüssen zusätzlich als Auswaschungsverluste in Erscheinung. Folgende Faktoren haben einen Einfluss auf die Feldverluste: Wetterbedingungen, N-Düngung, botanische Bestandeszusammensetzung, Futterertrag, TM-Gehalt des Futters, Bedingungen beim Mähen (Boden-/Bestandesfeuchtigkeit), Zettvorgänge und die Erntetechnik.

Tabelle 1: Feldverluste an organischer Masse (in %) nach WEISSBACH 1993, STEINHÖFEL 2020

Feldverluste	Bedingungen		davon vermeidbar
	günstig	ungünstig	
< 1 Tag Feldliegezeit	1 – 3	> 4	1
1 – 2 Tage Feldliegezeit	4 – 6	> 10	3
3 – 4 Tage Feldliegezeit	6 – 8	> 12	5
> 4 Tage Feldliegezeit	8 – 12	> 18	7

Einen groben Anhaltspunkt zu Feldverlusten geben Faustzahlen in Abhängigkeit der Feldliegezeit des Ernteguts (*Tabelle 1*). Je länger die Feldphase dauert, umso höher werden die Verluste an Trockenmasse auch unter günstigen Bedingungen. Vermeidbare Verluste sind hier als managementbedingte Verluste zu verstehen, d.h. der Einsatz von effektiven schonenden Verfahren bzw. Arbeitsweisen kann helfen die Verluste zu reduzieren. Ungünstige Bedingungen sind jene, welche die Trocknung auf dem Feld verzögern, wie z.B. hohe Luft-/Bodenfeuchtigkeit, Bewölkung, hoher Ertrag, hoher Klee-/Kräuteranteil.

#### Pflanzenbestand und Erntezeitpunkt

Die botanische Zusammensetzung und der Nutzungszeitpunkt haben einen starken Einfluss auf den Futterwert von Grünlandfutter (*Tabelle 2*), das zeigen Untersuchungen mehrerer Grünlandpflanzenarten zu unterschiedlichen Nutzungszeitpunkten von JEANG-

Tabelle 2: Effekte von Bestandestyp, Nutzungshäufigkeit und Seehöhe auf unterschiedliche Futterqualitätsparameter von österreichischem Grünfutter im 1. Aufwuchs (RESCH et al. 2015)

Faktoren	Anzahl	Rohprotein	Rohfaser	Rohfett	Rohasche	Verdaulichkeit	ME	NEL
			g/kg TM			% der OM	MJ/kg TM	
Gesamtmittelwert	6.735	139	270	21	102	66	9,1	5,2
Bestandestypen								
gräserreich	2.236	120 <sup>d</sup>	294 <sup>a</sup>	20 <sup>c</sup>	92 <sup>c</sup>	65 <sup>c</sup>	8,9 <sup>b</sup>	5,2 <sup>b</sup>
ausgewogen	2.698	128 <sup>c</sup>	273 <sup>b</sup>	21 <sup>b</sup>	101 <sup>b</sup>	66 <sup>bc</sup>	9,0 <sup>b</sup>	5,2 <sup>b</sup>
kräuterreich	1.607	137 <sup>b</sup>	253 <sup>c</sup>	21 <sup>b</sup>	111 <sup>a</sup>	66 <sup>b</sup>	9,0 <sup>b</sup>	5,2 <sup>ab</sup>
leguminosenreich	194	172 <sup>a</sup>	258 <sup>c</sup>	22 <sup>a</sup>	106 <sup>ab</sup>	68 <sup>a</sup>	9,3 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>
Nutzungshäufigkeit/Jahr								
1 x	454	110 <sup>e</sup>	312 <sup>a</sup>	20 <sup>bc</sup>	96 <sup>c</sup>	53 <sup>d</sup>	6,9 <sup>d</sup>	3,7 <sup>d</sup>
2 x	1.820	119 <sup>d</sup>	284 <sup>b</sup>	20 <sup>b</sup>	97 <sup>c</sup>	63 <sup>c</sup>	8,6 <sup>c</sup>	5,0 <sup>c</sup>
3 x	3.003	133 <sup>c</sup>	276 <sup>c</sup>	20 <sup>c</sup>	96 <sup>c</sup>	68 <sup>b</sup>	9,4 <sup>b</sup>	5,5 <sup>b</sup>
4 x	1.316	161 <sup>b</sup>	250 <sup>d</sup>	22 <sup>a</sup>	105 <sup>b</sup>	73 <sup>a</sup>	10,1 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>
5 x und öfter	142	174 <sup>a</sup>	227 <sup>e</sup>	23 <sup>a</sup>	118 <sup>a</sup>	74 <sup>a</sup>	10,2 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>
Seehöhe (Mittelwert 668 m)								
Koeff. für 100 m Erhöhung		1,8	-3,0	0	-1,2	0,4	0,07	0,05

ROS et al. (2001). Zweikeimblättrige Pflanzen wie Kräuter und Leguminosen enthalten aufgrund ihrer höheren Blattanteile mehr Protein und Mineralstoffe als Gräser. Die Blätter der Kräuter und Leguminosen sind allerdings schwieriger zu konservieren als jene der Gräser. Sie können durch die mechanischen Bearbeitungsschritte bei der Futterernte teilweise abbröckeln und am Feld liegen bleiben. Darüber hinaus sind Kleearten und Kräuter schwerer vergärbare als Gräser, da sie weniger Zucker enthalten und eine höhere Pufferung gegenüber Milchsäure aufweisen, wodurch die pH-Absenkung verzögert wird.

### Atmungsverluste

Nach der Mahd von Grünlandfutter werden vorwiegend Kohlenhydrate durch enzymatische Prozesse in den noch lebenden Pflanzen sowie durch aerobe Bakterien abgebaut. Nach GROSS und RIEBE (1974) werden die Atmungsverluste allgemein mit 2 bis 3 % angegeben. Bei ungünstiger Witterung können die Atmungsverluste höher ausfallen. Bis zu einem gewissen Grad sind Atmungsverluste unvermeidbar. Sie verlangsamen sich bei Erreichung eines TM-Gehaltes von etwa 25 bis 28 %. Um die Atmungsverluste gering zu halten, wäre eine schnelle Anwelkung optimal. Diese kann durch Mahd zur Mittagszeit, wenn der Pflanzenbestand abgetrocknet ist, deutlich schneller erreicht werden als am Morgen oder gegen Abend. Die Mahd mittels Mähaufbereiter (Knickzetter oder Quetschwalze) beschleunigt ebenfalls die Anwelkung und senkt somit die Atmungsverluste. Ein gewisser Aufbereitereffekt kann auch durch „scharfes“ also intensives Zetten nach der Mahd erreicht werden.

### Mechanische Verluste bei der Futterernte

Verschiedene Arbeitsschritte der Futterernte wie Mahd, zetzen, schwaden und Futterabfuhr sind Quellen für mechanisch bedingte Mengen- und Qualitätsverluste. Nach HONIG (1979) steigen in der Anwelkphase die mechanischen Verluste mit zunehmendem

TM-Gehalt, insbesondere beim Einsatz von falsch angewendeten aggressiveren Techniken wie Knickzetter-Mähaufbereiter, höhere Fahrgeschwindigkeit oder Drehzahl von Zett-/Schwadrkreisel. Knickzetter sind nur für erdhaufenfreie Grasbestände und nicht für klee-/kräuterreiches Futter empfehlenswert. Bei Bodenheu kann schonende Technik (z.B. < 8 km/h Fahrgeschwindigkeit, weniger Zettvorgänge, Bandschwader etc.) die Feldverluste gegenüber aggressiver Technik um bis zu 50 % senken. Darüber hinaus trägt eine optimale Geräteeinstellung zur Senkung von Rechverlusten und weniger Erdeintrag ins Futter bei. Im Heuprojekt der HBLFA Raumberg-Gumpenstein konnte der Effekt des TM-Gehaltes auf die Rech- und Bröckelverluste im Praxiseinsatz bestätigt werden (Tabelle 3). Nach RESCH (2021a) beträgt der durchschnittliche TM-Bruttoertrag einer intensiv genutzten Dauerwiese mit jährlich vier Schnitten in Österreich 8.210 kg TM/ha. Mit den Verlustzahlen aus Tabelle 3 würden die Feldverluste an TM bei Grassilage jährlich 7,5 % und bei Bodenheu 18 % betragen.

Tabelle 3: Summe an Rech- und Bröckelverlusten in kg TM in Abhängigkeit des Konservierungsverfahrens (PÖLLINGER 2014)

Konservierung	TM %	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	Summe
Silage	36	160	169	127	162	<b>618</b>
Entfeuchter	59	234	204	155	191	<b>784</b>
Kaltbelüftung	68	292	264	258	273	<b>1.087</b>
Bodenheu	76	383	383	317*	392	<b>1.483</b>

In punkto Qualitätsverluste konnte RESCH et al. (2014a) unter gleichen Bedingungen nachweisen, dass Heu aus Bodentrocknung mit ~80 % Erntegutfeuchte, um rund 5 g Rohprotein/kg TM bzw. 0,2 MJ NEL/kg TM weniger enthielt als das Heu aus der Luftentfeuchtertrocknung, wo das Erntegut mit ~60 % TM bei weniger Zettvorgängen und deutlich kürzerer Feldliegezeit eingefahren wurde. Bei der Erzeugung von Heupressballen sind die Bröckelverluste an wertvoller Blattmasse deutlich höher als bei der Einfuhr mit dem Ladewagen, speziell bei Bodenheu mit hohem TM-Gehalt.

### Auswaschungsverluste

Nach einer Studie von PARKE et al. (1978) verursachte ein Regenereignis von 10 mm/Stunde je nach TM-Gehalt unterschiedlich hohe Verluste: 35 % TM (Grassilage) à TM-Verlust 0,25 %/h; 60 % TM (Warmbelüftungsheu) à TM-Verlust 0,6 %/h TM; 80 % TM (Bodenheu) à TM-Verlust 1,0 %/h. Die Silierbarkeit von Luzerne wurde nach COBLENTZ und MUCK (2012) durch einen einzelnen simulierten Regenguss nur eher marginal verschlechtert. Es ist zu erwarten, dass konditioniertes Futter (Mähaufbereiter) von deutlich höheren Verlusten an leicht löslichen Zuckern nach einem Regen betroffen ist, sodass die Silierbarkeit und die Energiedichte entsprechend abnehmen. So gesehen besteht bei unsicherer Wetterprognose immer ein Restrisiko für Auswaschungsverluste.

### Kontamination des Erntegutes

Die Verunreinigung von Grünlandfutter mit Erde, Wirtschaftsdüngern oder anderen Kontaminanten wie Müll, Kadavern, Kot von Hunden und Wildvögeln etc. führt zu einer

Tabelle 4: Auswirkungen des Erdverschmutzungsgrades von Grünlandfutter auf Futterinhaltsstoffe, Energie und Gärung (RESCH et al. 2014b)

Verschmutzungsgrad	Verschmutzungsanzeiger			Futterinhaltsstoffe			Energie	Gärung
	Rohasche [g/kg TM]	Sand [g/kg TM]	Eisen (Fe) [mg/kg TM]	Organische Masse [g/kg TM]	Rohprotein [g/kg TM]	Rohfaser [g/kg TM]	NEL [MJ/kg TM]	Buttersäure [g/kg TM]
ohne Erde (sauber)	90	13	400	910	160	248	6,17	7,1
leicht	110	17	700	890	156	244	6,00	7,8
mäßig	140	27	1.300	860	151	235	5,73	9,2
stark	180	45	2.500	820	144	227	5,36	12,0
sehr stark	220	69	4.100	780	137	219	5,00	15,8

Verschlechterung des Futterwertes und meist auch zu einer Reduktion der TM-Futteraufnahme. Einerseits werden durch die Verunreinigung wertvolle Inhaltstoffe und Energie verringert und andererseits erhöht sich das Risiko einer schlechteren Futterhygiene durch Eintrag von schädlichen oder sogar krankmachenden (pathogenen) Mikroorganismen wie Clostridien, Schimmelpilze u.a. In der Erde ist viel an mineralischer Masse enthalten, daher bewirkt die Futtermittelverschmutzung mit Erde, mit Ausnahme von sehr humusreichen Böden (Anmoor, Moor), eine Erhöhung des Rohaschegehaltes und des Eisengehaltes. Rohaschegehalte von 100 bis 120 g/kg TM und Eisengehalte über 500 bis 1.000 mg/kg TM sind nach RESCH et al. (2014b) Hinweise für eine leichte Erdverschmutzung (Tabelle 4). Höhere Gehalte wirken sich entsprechend negativer auf Futterqualität, Futterhygiene und möglicherweise auch Tiergesundheit aus. Neben einer dichten Grasnarbe und der Wühlmausbekämpfung ist das Abschleppen von Grünlandflächen und eine bodennahe Düngung mit verdünnter Gülle wichtig, um das Verschmutzungsrisiko zu senken. Eine Mindestschnitthöhe von 5 cm, wildschonende Mähetechnik und die Höheneinstellung von 3 - 4 cm für Zetter- und Schwaderzinken sind ebenfalls zu berücksichtigen.

### Sonstige Feldverluste

Als Feldverluste können auch jene Verluste angesehen werden, welche mengenmäßig negativ vom durchschnittlichen Ertrag des Standortpotenzials abweichen. Ein Maß für das Ertragspotenzial des Standortes stellt die Bodenklimazahl (BKZ) dar. TM-Bruttoerträge in Abhängigkeit der BKZ liegen nach RESCH et al. (2022) zwischen 5,9 und 10,5 t TM/ha. Für Ertragsreduktionen können Wetterbedingungen wie Trockenheit, aber auch eine suboptimale, nicht bedarfsgerechte Düngung verantwortlich sein. Um sich gegen die Trockenheit im Grünland zu rüsten, wären nach RESCH et al. (2021b) Maßnahmen wie Bodenschonung, Verbesserung der Düngerwirkung, Grünlandregeneration, Einsatz trockenintoleranter Arten und Sorten, Feldfutter- und Zwischenfruchtanbau sowie Optimierung der Ernte- und Konservierungstechnik erforderlich.

Die bedarfsgerechte und standortangepasste Versorgung der Grünlandbestände mit Nährstoffen beruht auf den Richtlinien für die Sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland (BMLRT 2022). Wenn beispielsweise für eine 3-Schnittwiese mittlerer Ertragslage ein Stickstoffbedarf von 100 - 120 kg N/ha, Phosphatbedarf von 65 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha und

Kalibedarf von 170 kg  $K_2O$ /ha besteht, jedoch nur die Hälfte des Bedarfes über Tieflaufstallmist aus der Schafhaltung gedeckt werden kann, besteht ein Defizit zum Bedarf, welches unweigerlich zu einem Ertrags- und wahrscheinlich auch zu Qualitätsverlust führt. Aus pflanzenbaulicher Sicht müsste so ein Nährstoffdefizit durch eine Ergänzungsdüngung ausgeglichen werden, um mittel- bis langfristig die Bodenfruchtbarkeit des Standortes und einen ertragsfähigen Dauerwiesenbestand erhalten zu können.

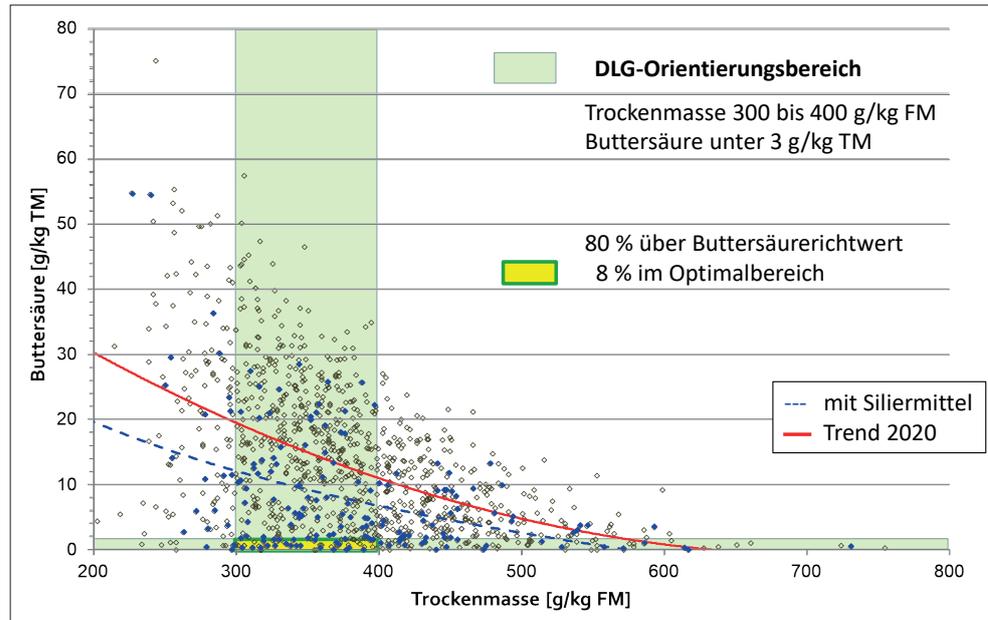
### 3.2 Konservierungsverluste

Unmittelbar nach der Verbringung des Erntegutes in das Futterlager (Siloanlage, Heustock, Silo-/Heuballen u.a.) beginnt die Phase der Futterkonservierung und damit auch der einhergehenden Massen- und Qualitätsverluste.

Nach STEINHÖFEL (2020) treten bei der Silierung in Abhängigkeit des TM-Gehaltes und der vorherrschenden Bedingungen 4 bis über 8 % TM-Verluste durch Gärung und Restatmung auf. Davon wären bei optimalem Gärverlauf ca. 3 % durchaus vermeidbar (Tabelle 5). Bei TM-Gehalten unter 280 g/kg FM tritt meist Sickersaft (Gärsaft) in Erscheinung, der die Silierverluste mit zunehmendem Feuchtegehalt deutlich erhöht. Nach einer Metaanalyse von exakten Gumpensteiner Silierversuchen (RESCH und BUCHGRABER 2006) betragen die TM-Verluste aus der Sickersaftbildung bei Frischgrassilage ohne Anwelkung (100 bis 200 g TM/kg FM) im Durchschnitt zwischen 7 und 11 %. In der ersten Woche nach Silierung fallen ca. 60 % der gesamten Gärsaftmenge an. Bei einer Silokubatur von 300 m<sup>3</sup> und einem TM-Gehalt von 200 bis 250 g/kg FM entstehen wahrscheinlich insgesamt 13,8 m<sup>3</sup> Sickersaft bzw. 8,3 m<sup>3</sup> in der ersten Woche. Laut ÖKL-Richtlinien (ÖKL 1995) sind wenigstens 3 % des Silorauminhaltes für eine wasserdichte Sickersaftsammlanlage einzuplanen. Das wären dem Beispiel entsprechend 9 m<sup>3</sup>. Eine regelmäßige Kontrolle und Entleerung ist durchzuführen. Bei Ableitung des Sickersaftes in die Jauche-/Güllegrube ist ein Kontrollschacht mit mindestens 0,3 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen zweckmäßig. Bei Anwelkung auf ca. 280 g/kg FM gehen die Sickersaftverluste, außer bei kurzer Häckselung, gegen Null.

Nach Beendigung der anfänglichen Restatmung tritt der Gärprozess in die anaerobe Hauptgärphase. Hier entscheiden die vorherrschenden Bedingungen wie Temperatur, Feuchte, epiphytisches Mikrobiom, Futterart sowie Substratmenge und -verfügbarkeit über den Gärverlauf. Wünschenswert wäre eine, unter Einhaltung der elementaren Silierregeln, schnell einsetzende Milchsäuregärung und in der Folge eine rasche Absenkung des pH-Wertes unterhalb des kritischen pH-Wertes (RESCH et al. 2011; DLG 2012). Homofermentative Milchsäurebakterien vermehren sich bei geringem Zuckerverbrauch sehr effizient und sind erwünscht. Heterofermentative Milchsäurebakterien erzeugen im etwas energieaufwendigeren Stoffwechsel Milch- und stabilisierende Essigsäure. Auch sie sind erwünscht, weil Essigsäure Hefen und Schimmelpilze nach der Siloöffnung hemmt, sodass die Silagen nicht so leicht nachwärmen. Buttersäurebakterien (Clostridien) hingegen verbrauchen sehr viel Energie (Saccharolyten) und manche Spezies auch Protein (Proteolyten), daher steigen die TM-Verluste durch Buttersäuregärung deutlich an. Außerdem riecht Buttersäure unangenehm und die Clostridien sporen verschlechtern

Abbildung 1: Einfluss des TM-Gehaltes und des Siliermitteleinsatzes auf die Buttersäuregärung (LK-Silageprojekt 2020)



die Käseeritauglichkeit der Milch. In Grassilage sollten laut DLG (2012) nicht mehr als 3 g Buttersäure/kg TM enthalten sein. Mit zunehmendem TM-Gehalt sinken tendenziell die Buttersäuregehalte und dadurch verbessert die Anwelkung auf 300 bis 400 g TM/kg FM den Konservierungserfolg (Abbildung 1). Neben Verlusten von leicht löslichen Zuckern können bei der Gärung auch Aminosäuren zu biogenen Aminen und zu Nichtprotein-Stickstoffverbindungen wie Ammonium ( $\text{NH}_4$ ) abgebaut werden. Der Anteil an  $\text{NH}_4$ -Stickstoff soll unter 8 % des Gesamtstickstoffs liegen. Nach KÖHLER et al. (2013) betragen die durchschnittlichen TM-Verluste durch die Silierung in Grassilagen unter Praxisbedingungen ca. 9 % (-2 bis 26 %) und in Luzernesilagen ca. 12 % (6 bis 15 %). Wirksame Silierhilfsmittel auf Basis von Milchsäurebakterien oder chemischen Wirkstoffen können unter Einhaltung der richtigen Dosierung und Verteilung im Siliergut den Gärverlauf durch Unterdrückung von Gärschädlingen tendenziell positiv beeinflussen (Abbildung 1) und dadurch die TM-Verluste reduzieren oder die aerobe Stabilität der Silagen erhöhen. Deren Anwendung erfordert Fachwissen in der Produktauswahl und -anwendung. Ein Erfolg des Siliermitteleinsatzes müsste zumindest in der Größenordnung der aufgebrauchten Kosten vorliegen, damit die Anwendung wirtschaftlich ist. Der Einsatz von geprüften Produkten mit nachgewiesener Wirkung ist empfehlenswert – siehe <https://siliermittel.dlg.org/>.

Nach STEINHÖFEL (2020) zählt auch der aerobe Stoffabbau an der Silageoberfläche zu den Silierverlusten. Dieser schlägt mit 1 bis 3 % unter günstigen Bedingungen zu Buche (Tabelle 5). Silofolien aus Polyethylen (PE) sind nicht zu 100 % luftdicht, insbesondere in den Randzonen, wo die Abdichtung bei Flachsilos gegen Luftsauerstoff und Wasser teils mangelhaft ist. Bei Rund-/Quaderballen ist das Verhältnis zwischen Oberfläche und Silokubatur im Vergleich zu Flach-/Monolithsilos sehr ungünstig, weil der Anteil der Oberfläche sehr hoch ist. Beschädigung der Ballenfolie wirkt sich daher deutlich höher aus, d.h. ein kleines Loch genügt und der ganze Ballen kann kaputt gehen. Im Bereich

Tabelle 5: Konservierungsverluste an organischer Masse (in %) nach WEISSBACH 1993; STEINHÖFEL 2020

Konservierungsverluste	Bedingungen		davon vermeidbar
	günstig	ungünstig	
<b>Silierung</b>			
Gärung und Restatmung	4 – 6	> 8	3
Sickersaftbildung	0 – 4	> 6	0
Aerober Stoffabbau an der Futterstockoberfläche	1 – 3	> 5	0
<b>Heuwerbung</b>			
Bodentrocknung	10 – 12	> 15	5
Kaltbelüftung	8 – 10	> 12	5
Warmbelüftung	6 – 8	> 10	2

eines Folienschadens kommt es zu einem aeroben Verderb durch Schimmelbildung und bei Wassereintritt zusätzlich durch Fäulnisverderb, daher ist dieses Futter nicht verfütterbar und sollte über den Weg der Kompostierung verwertet und wieder in den Betriebskreislauf eingebunden werden.

Bei der Heukonservierung ist die Futterfeuchte sowie vorhandenes, leicht fermentierbares Substrat von entscheidender Bedeutung. Gelingt eine Trocknung am Heulager innerhalb von drei Tagen auf weniger als 14 % Feuchte, so wird die Wasseraktivität ( $a_w$ -Wert) unter 0,7 herabgesetzt und verderbherbeiführende Mikroorganismen stellen kaum mehr eine Gefahr dar.

### Bodentrocknung

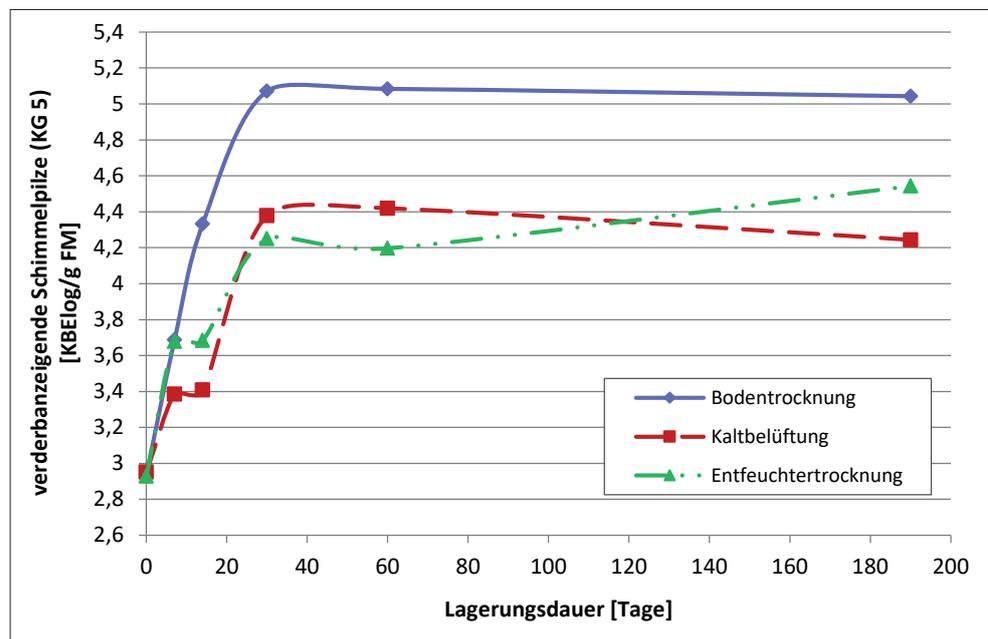
Die traditionelle Bodentrocknung von Grünlandfutter nutzt Sonnen- und Windenergie zur Trocknung. Das für die Wasserverdunstung notwendige Sättigungsdefizit bzw. das theoretische Wasseraufnahmevermögen der Luft ist von der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit abhängig. Die Welkgeschwindigkeit wird neben dem Sättigungsdefizit der Luft von der Luftbewegung, der Globalstrahlung, dem Niederschlag, dem TM-Gehalt und der Beschaffenheit (Lignifizierungsgrad, Blätter-Stängel-Verhältnis) sowie von der Belagstärke des zu trocknenden Gutes auf dem Feld bestimmt. Die Trocknungsdauer auf dem Feld beträgt etwa 2 bis 5 Tage. Im Erntegut liegt der TM-Gehalt meist bei ca. 80 %. Im feuchten Heu wird die Restfeuchte erst ca. 3 bis 4 Wochen nach Einlagerung durch die Vermehrung von Lagerpilzen und Bakterien vollständig verbraucht. In dieser Phase tritt Feuchtigkeit an der Heuoberfläche heraus, daher wird der Prozess auch als „Nachschwitzen“ bezeichnet. Der Umstand, dass sich im Bodenheu die Feuchtigkeit im Heustock deutlich länger hält, begünstigt nach ADLER et al. (2014) die Lagerverpilzung mit verderbanzeigenden Schimmelpilzen wie *Aspergillus glaucus* oder *Wallemia sebi*, meist innerhalb von drei Wochen (Abbildung 2). Bei Einlagerung von zu feuchten Partien mit mehr als 25 % Feuchte kann es zu einer Temperaturerhöhung über 40 °C in Verbindung mit einer Futterbräunung (Maillard-Reaktion) kommen, wo Protein und Zucker einen unverdaulichen Komplex bilden. Heißfermentiertes, brandig bis tabakartig riechendes Heu, verliert nach VAN SOEST (1994) stark an Futterwert. Unkontrollierten Erhitzung durch

zu hohe Heufeuchte kann schnell zur Selbstentzündung des Futters führen (WÖLK und SARKAR 1983). Die TM-Verluste sind bei der Bodentrocknung im Vergleich zur Belüftungstrocknung mit mindestens 10 % am höchsten (Tabelle 5). Bodenheu sollte idealerweise nur bei stabilem Wetter mit höheren Außentemperaturen, Nachttemperaturen über 15 °C, und geringen Luftfeuchtegehalten, also zwischen Juni und August erzeugt werden.

### Kaltbelüftung

Bei der Kaltbelüftung wird die eingezogene Außenluft nicht erwärmt. Die Wasseraufnahme liegt bei der Kaltbelüftung erfahrungsgemäß zwischen 0,8 bis 1,2 g Wasser/m<sup>3</sup> Luft. Die Heubelüftung mit Außenluft stellt ein Problem bei geringen Lufttemperaturen (Nacht, Frühjahr, Herbst) und hoher Luftfeuchtigkeit dar. Feuchte Luft kann bereits getrocknetes Material wieder anfeuchten. Bei der Kaltbelüftung kann es zur Zonenbildung im Heustock kommen, wo auf eine untere trockene Heuschicht eine feuchtere Zone und darüber eine Kondensationszone folgen können. Die Feucht- und Kondensationszone sind besonders dem Verderb ausgesetzt, sofern die Trocknung nicht binnen 2 bis 3 Tagen erfolgt. Aufgrund dieser Problemstellung sollte die Füllhöhe der Trocknungsbox bei Kaltbelüftung 1,5 bis 2 m nicht übersteigen. Aufgrund der geringen Trocknungseffizienz der Kaltbelüftung soll der TM-Gehalt des Erntegutes 75 % nicht unterschreiten. Je nach Wetterlage ist mit einem Energieverbrauch von ca. 0,25 bis 0,7 kWh/kg abgetrocknetem Wasser zu rechnen (WIRLEITNER et al. 2014).

Abbildung 2: Entwicklung von verderbanzeigenden Schimmelpilzen bei verschiedenen Heutrocknungsverfahren (RESCH et al. 2014)



### Warmbelüftung (Ofen/Wärmetauscher/Dachwärmenutzung)

Die Warmbelüftungstrocknung kommt zur Anwendung bei stark angewelktem Grünfutter – Feuchtheu mit 50 bis 70 % TM. Sie wird als Zwangsbelüftung mit kalter oder erwärmter Luft betrieben. Durch die Belüftung wird der Trocknungsprozess beschleunigt und gleichzeitig Atmungswärme abgeführt. Die Heubelüftungstrocknung ermöglicht

je nach technischer Ausführung die Einfuhr von Erntegut mit TM-Gehalten unterhalb von 80 % Trockenmasse. Aus wirtschaftlichen Gründen sollte der TM-Gehalt bei der Boxentrocknung 60 % und bei der Ballentrocknung 65 % nicht unterschreiten (FRITZ 2018). Im Vergleich zur Bodenheutrocknung bringt eine effektive Unterdachtrocknung mehr Rohprotein,  $\beta$ -Carotin, Zucker und bis 0,2 MJ höhere NEL-Dichte je kg TM bei gleichem Ausgangsmaterial (GRUBER et al. 2016). Für die sachgemäße Boxen- bzw. Ballentrocknung wurde von WIRLEITNER et al. (2014) die ÖAG-Broschüre „Empfehlungen für die Belüftungstrocknung von Heu“ (<https://www.gruenland-viehwirtschaft.at>) zusammengestellt. Pro 10 m<sup>3</sup>/s Luft-Volumenstrom benötigt man für die Erwärmung um 1 °C eine Heizleistung von 12,5 kW. Empfehlenswert ist eine Heizleistung ab 3 kW pro Ballen. Die Trocknungsdauer kann durch Luftanwärmung mittels Abwärmenutzung (z.B. Biogasanlage), Warmluftofen (Brennholz oder fossile Energieträger) oder Wärmetauscher in Verbindung mit einer Gebäudeheizung deutlich verkürzt werden. Eine Anwärmung der angesaugten Luft um 5 bis 6 °C führt zu einer Verdoppelung der Wasseraufnahme. Für die Anwärmung von 10.000 m<sup>3</sup> Luft um 10 Kelvin werden rund 33 KW Heizleistung benötigt. Aus Gründen der Energieeffizienz erscheinen Anwärmungen über 15 Kelvin nicht sinnvoll. Lufttemperaturen über 50 °C sind bei Anwendung über mehrere Tage problematisch, weil sie eine Maillard-Reaktion auslösen können. Der spezifische Energieaufwand für 1 kg Wasserentzug liegt bei Luftanwärmung mit etwa 0,9 bis 1,6 kWh/kg entzogenem Wasser relativ hoch. Da den verhältnismäßig geringen Massenverlusten (Tabelle 5) ein nicht unerheblicher Energieaufwand gegenübersteht, ist die Trocknung von hochwertigeren Futterpartien wesentlich wirtschaftlicher als von strukturreichem Heu.

### 3.3 Lager- und Entnahmeverluste

Die Lagerphase beginnt bei Futterkonserven, wenn die Phase der mikrobiologischen Hauptaktivitäten abgeschlossen ist. Sie ist durch ein mehr oder weniger ausgeprägt stabiles Mikrobiom gekennzeichnet. Je nach den Futter- und Konservierungsbedingungen dauern die Hauptaktivitäten des Konservierungsprozesses unterschiedlich lange. Nasssilagen erreichen die stabile Phase teilweise schon nach 14 Tagen, während Gärheu (Heulage) dazu ca. 3 bis 4 Monate benötigt. Bei Silagen endet die anaerobe Lagerphase mit der Siloöffnung. Abbauprozesse am Lager werden stark von Umweltbedingungen wie Temperatur, Feuchtigkeit und Luftzutritt beeinflusst. Ab +5 bis 8 °C können sich Bakterien und Pilze vermehren, wobei Mikroben sehr unterschiedliche Wärmebedürfnisse haben. Milchsäurebakterien 15 - 30 °C, Buttersäurebildner (Clostridien) 32 - 40 °C und Hefen, Schimmelpilze oder Fäulnisbakterien 20 - 42 °C.

#### Verluste nach Siloöffnung

Siloöffnung bewirkt, dass Luftsauerstoff in den Silostock eindringt. Silagen stehen dem aeroben Stoffabbau je nach Lagerungsdichte und Vorschub unterschiedlich gegenüber. Man spricht in dem Zusammenhang von der aeroben Stabilität einer Silage. Durch den Zutritt von Sauerstoff verstoffwechseln insbesondere säuretolerante Hefen, aber auch aerobe Bakterien, z.B. Acetobacter, mehr oder weniger stark Gärsäuren und

ggf. vorhandenen Restzucker. Die Folgen sind der Anstieg des pH-Wertes sowie der Schimmel- und Hefepilzkeimzahlen, wodurch Verderbprozesse mit Temperaturerhöhung und Schwitzwasserbildung eingeleitet werden. Die aerobe Stabilität geht verloren, wenn die Silage im Laborversuch um 2 bis 3 °C höhere Temperaturen aufweist als die Raumtemperatur von ca. 20 °C. In der Praxis zeigen Silageoberflächentemperaturen von mehr als 20 °C eine verringerte aerobe Stabilität an und bei mehr als 25 °C kann von einer Nacherwärmung gesprochen werden. Je höher die Silagetemperatur, umso höher ist die Verderbaktivität von Mikroorganismen und umso höher steigen die TM-Verluste (Tabelle 6). Nach STEINHÖFEL (2020) betragen Lagerungsverluste günstigstenfalls ca. 1 % der eingelagerten Trockenmasse. Im Extremfall können bei Maissilage täglich bis zu 3 % der eingelagerten TM durch Nacherwärmung verloren gehen, vor allem weil dieses Futter aufgrund der schlechten Futterhygiene nicht mehr verfüttert werden kann. Die Silagestabilität kann in Abhängigkeit der Verderblichkeit in erster Linie durch höhere Lagerungsdichte (nach RICHTER et al. (2009): Gute Verdichtung [kg TM/m<sup>3</sup>] ≥ 3,42 × TM [%] + 91,4) und ausreichenden Vorschub (Winter > 100 - 140 cm/Woche; Sommer > 200 - 250 cm/Woche) verbessert werden. Zucker-/stärkereiche Silagen sind anfälliger gegenüber Verderb. Bei diesen Futtermitteln können auch Silierhilfsmittel der DLG-Wirkungsrichtung 2 (Verbesserung der aeroben Stabilität) eingesetzt werden.

Tabelle 6: Lagerungsverluste an organischer Masse (in %) nach WEISSBACH 1993, STEINHÖFEL 2020

Lagerungsverluste	Bedingungen		davon vermeidbar
	günstig	ungünstig	
<b>Silage</b> Aerobe Nachlagerung und Silageentnahme	1 – 2	> 6	< 1
<b>Trockengut</b> Lagerung des Trockengutes	1	> 1	> 1

### Heulagerverluste

Ähnlich wie bei Silagen, ist auch bei Heu nach Erreichung der stabilen Lagerphase nur mehr mit einem moderaten Lagerungsverlust von ca. 1 % TM bis zur nächsten Vegetationsperiode zu rechnen (Tabelle 6). Bei ungünstigen Lagerungsbedingungen, wo Feuchtigkeit an das Heulager kommen kann, aber auch bei lagerverpilzten Heupartien, werden die Lagerverluste höher ausfallen. RESCH et al. (2014a) konnten nachweisen, dass die Lagerverpilzung eine gewisse antibiotische Wirkung haben muss, weil es bei gleicher Nährstoffzusammensetzung zu einer Reduktion von Verdaulichkeit und Energie gegenüber unverpilztem Heu kam. Die Heulagerung wirkt sich auch reduzierend auf den Gehalt an Beta-Carotin aus. Im Durchschnitt verloren belüftete Heupartien ca. 20 - 30 % und bodengetrocknete Heu ca. 35 - 55 % des Erntegutgehaltes an Beta-Carotin während der Lagerung (Abbildung 3). Für Praktiker ist die Vitaminreduktion am Verlust der grünen Heufärbung erkennbar. Durch die Lagerung verliert das Heu auch an Aroma, wodurch die Schmackhaftigkeit verringert wird.

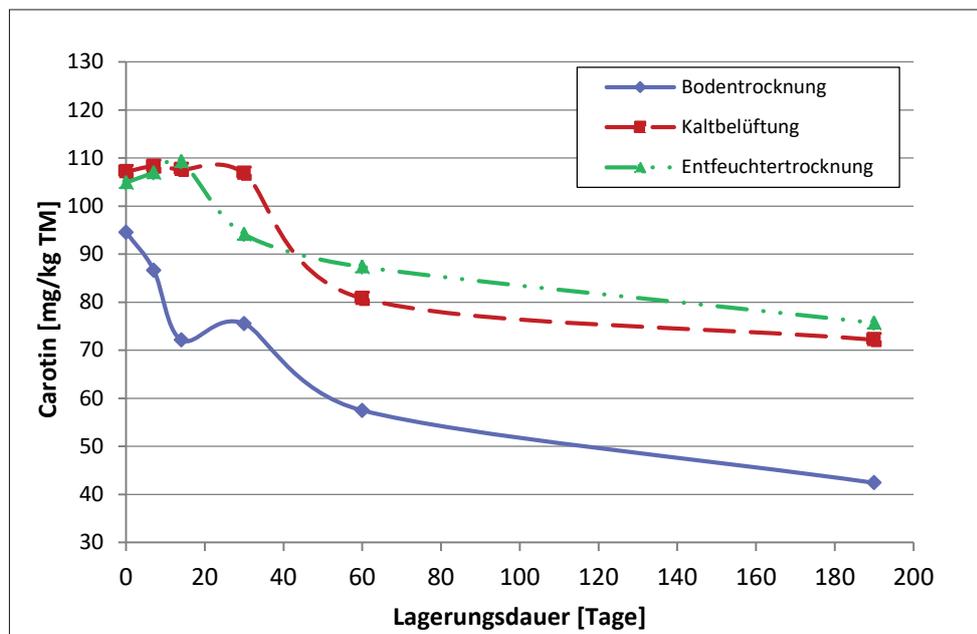


Abbildung 3: Entwicklung von Beta-Carotingehalten im Heu in Abhängigkeit des Trocknungsverfahrens (RESCH et al. 2014)

Das Auftreten von Lagerschädlingen wie Heumotten, Spinnmilben etc. kann neben direkten negativen Auswirkungen auch die Disposition des Heus für einen mikrobiellen Verderb erhöhen. Spinnmilben verteilen Schimmelpilzsporen mit dem Milbenkot über das Futter. Ihre Anwesenheit hat ein allergenes Potenzial und kann auch zu Akzeptanzminderung führen. Außerdem aktivieren sie gewebeschädigende Zytokine und Matrix-Metalloproteinasen. Die Bekämpfung von Lagerschädlingen erfordert den Einsatz von biologischen oder chemischen Wirkstoffen (Pheromonfallen, Pestizide etc.) sowie einer Entstaubung des Heulagers inkl. der Holzkonstruktion des Gebäudes. Eine Bekämpfung ist sehr zeit- und kostenintensiv und muss konsequent durchgeführt werden, um einen Erfolg sicherzustellen.

### 3.4 Überlagerung von Futterkonserven

Über qualitative Veränderungen von Silage- und Heupartien, die mehr als ein Jahr lagerten, gibt es nur wenige Untersuchungen. An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurden mehrere Grassilage-Rundballen und Heuballen unterschiedlicher Qualität unter konstant guten Lagerungsbedingungen über insgesamt 18 Monate beobachtet. Im Vergleich zum Zeitpunkt der Konservierung konnten nach 18 Monaten Lagerung nur bei Rohprotein, Beta-Carotin und der Futterenergie geringfügige Einbußen bei Heu und Grummet festgestellt werden, während die Futterqualität in den Grassilage-Rundballen nahezu unverändert blieb (Abbildung 4). Im Raufutter nahm der Rohproteingehalt tendenziell um ca. 10 - 15 g/kg TM und bei Beta-Carotin um 25 - 40 mg/kg TM ab (Abbildung 5). Die *in vitro*-Verdaulichkeitsuntersuchungen nach TILLEY und TERRY (1963) zeigten, dass sich die Energiedichte in Silage und Heu ca. um 0,1 MJ NEL/kg TM innerhalb von 18 Monaten Lagerung verringerten. In der Praxis können hygienisch einwandfreie Futterkonserven also durchaus länger unter besten Lagerbedingungen überlagert werden, ohne allzu viel an Futterwert zu verlieren.

Abbildung 4: Einfluss der Lagerdauer auf Rohprotein-  
gehalt von Grassilage und  
Raufutter

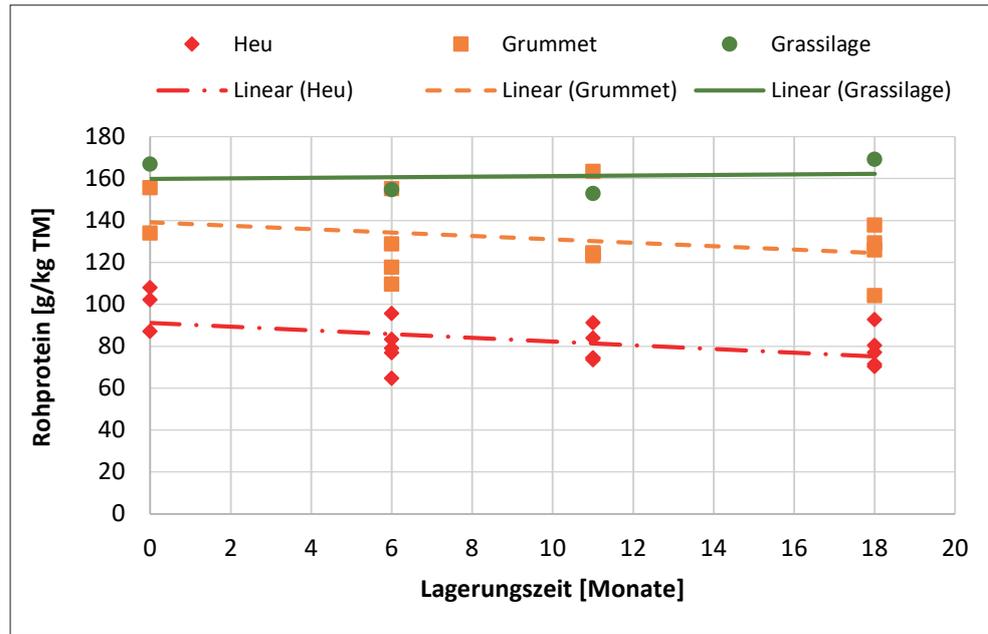
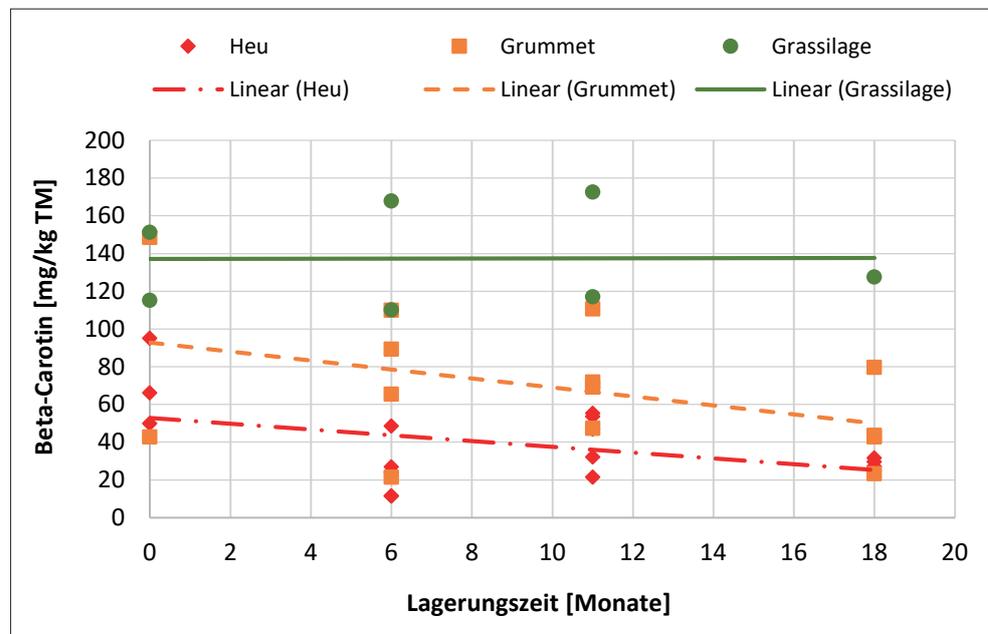


Abbildung 5: Einfluss der Lagerdauer auf Beta-Carotin-  
gehalt von Grassilage und  
Raufutter



Mikrobiologisch (hygienisch) einwandfrei konserviertes Futter ist grundsätzlich länger und verlustärmer lagerfähig als schlecht vergorene Silage oder verpilztes Heu. Für Silagen ist die luftdichte Versiegelung entscheidend für lange Haltbarkeit. Sofern die Silofolie keine Schäden aufweist und UV-stabil bleibt, sind Silagen geschützt. Folienhersteller gewährleisten in der Regel 1 Jahr Garantie für die Lagerbeständigkeit. Insofern ist die Lagerung von Silagereserven über mehr als 1 Jahr nur unter guten Lagerbedingungen und möglichst lichtgeschützt und nicht in der Nähe von Düngelagerstätten ratsam. Eine regelmäßige Kontrolle des Silagelagers, aber auch eine schnelle und sachgemäße Reparatur von beschädigten Silofolien mittels Spezialklebeband schützt vor

Massen-/Qualitätsverlusten durch Futterverderb. Silagefuttermittel sollten jedenfalls nicht länger als zwei Winter gelagert werden.

Getrocknetes, lagerstabiles Heu muss am Lager nachhaltig vor Wasser geschützt werden. Bodenkontakt oder Wassereintritt in das Lager müssen daher unbedingt vermieden werden. Sporenbildende Schimmelpilze (Penicillien, Aspergillen, Wallemia, Mucorales) nutzen zu hohe Feuchtigkeit auch nach Erreichung von stabilen Verhältnissen aus und können auch bei einwandfreiem Belüftungsheu nachträglich das gelagerte Heu verpilzen bzw. verderben.

### **3.5 Kurze Futterpartikel und Strukturwirksamkeit**

In der Praxis der Schaffütterung mit Grundfuttermitteln wird es wahrscheinlich selten vorkommen, dass Silagen oder Heu so kurz geschnitten/gehäckselt werden, dass die Wiederkautätigkeit der Tiere darunter leidet. Dennoch soll hier erwähnt werden, dass eine zu starke Futterbearbeitung in Verbindung mit einer Verkürzung/Vermahlung unter 5 mm Partikellänge zu einer Reduktion der Strukturwirksamkeit der Futterkonserven führt. Der Strukturverlust und die herabgesetzte Wiederkauaktivität erhöhen das Risiko für Pansenübersäuerung und in der Folge für Klauenrehe. Vorsicht ist hier speziell bei sehr feuchten Grassilagen und bei Getreide-Ganzpflanzsilagen (z.B. Grünroggen) angesagt. In der Ration müsste das Strukturdefizit mit Stroh oder Heu ausgeglichen werden.

### **3.6 Fazit zu Massen- und Qualitätsverlusten bei Futterkonserven**

Die wenigsten Schafbetriebsleiter\*innen führen genaue Futtermengenerfassungen bei der Ernte und am Futterlager durch, daher können sie auch nicht über die Ertragssituation ihrer Futterflächen und über diverse Massenverluste ihrer Futterkonserven Bescheid wissen. Leider lassen auch nur engagierte Schafbetriebe regelmäßig ihr Grundfutter qualitativ im Labor analysieren, obwohl die Laboruntersuchung eine gute Möglichkeit bietet Schwachstellen in der Futterqualität und damit Potenziale in der Futterproduktion zu identifizieren. Mit Hilfe der Futterprobenuntersuchung kann jedenfalls indirekt auf Futtermittelverluste rückgeschlossen werden. Eine weitere sehr günstige Möglichkeit der Grundfutterbewertung stellt für Schafbetriebe die „Praxisbewertung von Grundfutter für Wiederkäuer“ (RESCH et al. 2020) dar. Hier werden einfach durchzuführende Bewertungsmethoden für Pflanzenbestände und Futterkonserven (ÖAG-Sinnenbewertung) vorgestellt. Die angesprochenen Instrumente erhöhen bei Anwendung das Maß an Professionalität und sichern auch in Zeiten verschiedener Herausforderungen einen höheren Betriebserfolg.

## **4. Literatur**

ADLER, A., P. KIROJE, E.V. REITER und R. RESCH, 2014: Einfluss unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Futterhygiene von Raufutter. 19. Alpenländisches Expertenforum, Irdning-Donnersbachtal, 57-70.

BECKHOFF, J., W. DERNEDDE, H. HONIG und M. SCHURIG, 1979: Einfluss neuer Mähauflbereiter auf Trocknung und Feldverluste bei der Gewinnung von Anwelksilage und Heu. Das wirtschaftseigene Futter 25, 5-19.

BMLRT, 2022: Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland, 8. Auflage 2022, Wien, 184 S.

COBLENTZ, W.K. und R.E. MUCK, 2012: Effects of natural and simulated rainfall on indicators of ensilability and nutritive value for wilting alfalfa forages sampled before preservation as silage. J. Dairy Sci. 95, 6635-6653.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer 7. erweiterte und überarbeitete Auflage. Herausgeber: Universität Hohenheim-Dokumentationsstelle, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 2012: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung DLG Verlag, Frankfurt am Main. 416 S.

DULPHY, J.P., 1987: Fenaison: pertes en cours de recolte et de conservation, 16. Journees du Grenier de Theix. Les fourrages secs: recolte, traitement, utilisation, Institut National de la Recherche Agronomique, Ceyrat (France). 103-124.

FRITZ, C., 2018: Ansatz zu einem ganzheitlichen Vergleich der Kosten und Erlöse von Bodenheu, Belüftungsheu und Grassilage. 45. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 75-90.

GOERING, H.K., C.H. GORDON, R.W. HEMKEN, D.R. WALDO, P.J. VAN SOEST und L.W. SMITH, 1972: Analytical estimates of nitrogen digestibility in heat damaged forages. J. Dairy Sci. 55, 1275-1280.

GROSS, F. und K. RIEBE, 1974: Gärfutter – Betriebswirtschaft, Erzeugung, Verfütterung Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 283 S.

GRUBER, L., C. FASCHING, A. PÖLLINGER, R. RESCH, M. VELIK und A. ADLER, 2016: Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Nährstoffverluste, Futterwert, Milchproduktion und Milchqualität. Abschlussbericht DaFNE-Forschungsprojekt Nr. 2371, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 66 S.

HONIG, H., 1979: Mechanical and respiration losses during prewilting of grass. Forage conservation in the 80's. Br. Grassl. Soc. Symp., No. 11, 76-87.

JEANGROS, B., J. SCEHOVIC, F.X. SCHUBIGER, J. LEHMANN, R. DACCORD und Y. ARRIGO, 2001: Nährwert von Wiesenpflanzen: Trockensubstanz-, Rohprotein- und Zuckergehalte. Agrarforschung 8, 1-8.

KAISER, E., K. WEIß, H.-J. NUßBAUM, C. KALZENDORF, G. PAHLOW, H. SCHENKEL, F.J. SCHWART, H. SPIEKERS, M. SOMMER, W. STAUDACHER und J. THAYSEN, 2006: Grobfutterbewertung Teil B – DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung. DLG-Information 2/2006, DLG-Ausschuss für Futtermittelkonservierung, 4 S.

KÖHLER, B., M. DIEPOLDER, J. OSTERTAG, S. THURNER und H. SPIEKERS, 2013: Dry matter losses of grass, lucerne and maize silages in bunker silos. Agric. Food Sci. 22, 145-150.

LICITRA, G., T.M. HERNANDEZ und P.J. VAN SOEST, 1996: Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Anim. Feed Sci. Technol. 57, 347-358.

McDONALD, P., 1981: The biochemistry of silage. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, 226 S.

ÖKL (Österreichisches Kuratorium für Landtechnik), 1995: ÖKL-Baumerkblatt Nr. 21 Gärfutterbehälter Planungsgrundlage. 4. Verbesserte Auflage 1995, Wien, 4 S.

PAHLOW, G., R.E. MUCK, F. DRIEHUIS, S. ELFERINK und S.F. SPOELSTRA, 2003: Microbiology of ensiling: Silage Science and Technology. Agronomy 42, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 31-94.

PARKE, D., A.G. DUMONT und D.S. BOYCE, 1978: A mathematical model to study forage conservation methods. J. Brit. Grassld. Soc. 33, 262-273.

PÖLLINGER, A., 2014: Heutrocknungsverfahren im Vergleich. 1-10. In: GRUBER, L., PÖLLINGER, A., RESCH, R., VELIK M., ADLER, A. (2014): Abschlussbericht Heuprojekt Nr. 2371, Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Nährstoffverluste, Futterwert, Milchproduktion und Milchqualität. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 66 S.

PÖLLINGER, A., 2015: Technische Kennzahlen zu verschiedenen Heutrocknungsmethoden. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 41-48.

RESCH, R. und K. BUCHGRABER, 2006: Gutachterliche Stellungnahme zum Sickersaftanfall bei Grassilagen in Abhängigkeit des Trockenmassegehaltes. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 2 S.

RESCH, R., T. GUGGENBERGER, G. WIEDNER, A. KASAL, K. WURM, L. GRUBER, F. RINGDORFER und K. BUCHGRABER, 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. ÖAG-Info 8/2006, überarbeitete Neuauflage 10/2017, Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Irdning-Donnersbachtal, 20 S.

RESCH, R., A. ADLER, P. FRANK, A. PÖLLINGER, G. PERATONER, F. TIEFENTHALLER, C. MEUSBURGER, G. WIEDNER und K. BUCHGRABER, 2011: Top-Grassilage durch optimale Milchsäuregärung. ÖAG-Info 7/2011, überarbeitete Neuauflage 10/2017, Österreichisch Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Irdning-Donnersbachtal, 12 S.

RESCH, R., A. ADLER und E.M. PÖTSCH, 2014a: Impact of different drying techniques on hay quality. 16<sup>th</sup> International Symposium Forage Conservation, Mendel University Brno, Brno. 27-38.

RESCH, R., P. FRANK, G. STÖGMÜLLER, F. TIEFENTHALLER, G. PERATONER, A. ADLER, J. GASTEINER und E.M. PÖTSCH, 2014b: Futtermittelverschmutzung mit Erde - Ursachen, Erkennung und Auswirkungen. Landwirt 1-16.

RESCH, R., G. PERATONER, G. ROMANO, H.-P. PIEPHO, A. SCHAUMBERGER, A. BODNER, K. BUCHGRABER und E.M. PÖTSCH, 2015: Der Pflanzenbestand als Basis hoher Futterqualität im Grünland. 20. Alpenländisches Expertenforum, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 61-76.

RESCH, R., M. HOLLMANN, S. ORTNER, G. PERATONER, G. STÖGMÜLLER, G. TERLER, F. TIEFENTHALLER und K. WURM, 2020: Praxisbewertung von Grundfutter für Wiederkäuer. ÖAG-Info 1/2020. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Irdning-Donnersbachtal, 20 S.

RESCH, R., 2021a: Langzeitauswirkungen differenzierter Bewirtschaftungsintensität von Dauerwiesen unter besonderer Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Effekte. Zwischenbericht zu DaFNE-Projekt 101309 (DW-NET4), HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 45 S.

RESCH, R., W. ANGERINGER, G. PERATONER und W. STARZ, 2021b: Trockenheit im Grünland – Herausforderungen für Futterwirtschaft und Futterkonservierung. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Info 4/2021, Irdning-Donnersbachtal, 20.

RESCH, R., A. KLINGLER und A. SCHAUMBERGER, 2022: Trockenmasse- und Energieerträge bei unterschiedlicher Grundfütterung in Abhängigkeit der Bodenklimazahl. 76. ALVA-Tagung, Graz, 30.-31. Mai 2022, 319-323.

RICHTER, W., N. ZIMMERMANN, M. ABRIEL, M. SCHUSTER, K. KÖLLN-HÖLLRIGL, J. OSTERTAG, K. MEYER, J. BAUER und H. SPIEKERS, 2009: Hygiene bayerischer Silagen: Validierung einer Checkliste zum Controlling am Silo. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 09/2009, LfL Bayern, ISSN 1611-4159, 131 S.

STEINHÖFEL, O., 2020: Konservierung von Futtermitteln, In: JEROCH, H., DROCHNER, W., RODEHUTSCORD, M., SIMON, A., SIMON, O. und J. ZENTEK (Hg.): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, 310-335.

STEINHÖFEL, O., R. RESCH und S. MARTENS, 2022: Konservierung von Grünfuttermitteln. In: JEROCH et al., 2022: Futtermittelkunde, in Druck.

TILLEY, J.M.A. und R.A. TERRY, 1963: A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Grass and Forage Sci. 18, 104-111.

VAN SOEST, P.J., 1994: Nutritional ecology of the ruminant. (2<sup>nd</sup> ed.). Cornell University Press, Ithaca and London, 476 p.

VDLUFA, 1976: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

VDLUFA, 2007a: Methode 28.1.2 Futtermitteluntersuchung – Bestimmung der Keimgehalte an aeroben, mesophilen Bakterien, Schimmel- und Schwärzepilzen und Hefen. Methodenbuch III, 7. Ergänzung 2007, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

VDLUFA, 2007b: Methode 28.1.4 Futtermitteluntersuchung – Verfahrensanweisung zur mikrobiologischen Qualitätsbeurteilung: Methodenbuch III, 7. Ergänzung 2007, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

WEISSBACH, F., 1993: Grünfutter und Grünfutterkonservate. In: JEROCH, H., FLACHOWSKY, G. und F. WEISSBACH, (Hg.): Futtermittelkunde, Gustav Fischer Verlag Jena – Stuttgart, 74-154.

WIRLEITNER, G., C. ASCHAUER, M. KITTL, K. NEUHOFER, F. NYDEGGER, A. PÖLLINGER, R. RESCH, S. JAKSCHITZ-WILD, J. OSTERTAG und S. THURNER, 2014: Empfehlungen für die Belüftungstrocknung von Heu. ÖAG-Info 4/2014, Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Irnding-Donnersbachtal, 16 S.

WÖLK, M. und S. SARKAR, 1983: Heustocks selbstzündungen von 1970 bis 1990 in Württemberg – ihre Ursache, Ausmaß des Schadens und Verhütungsmaßnahmen. Das Wirtschaftseigene Futter 39, 228-235.

ZEBELI, Q., J. DIJKSTRA, M. TAJAJ, H. STEINGASS, B.N. AMETAJ und W. DROCHNER, 2008: Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *J. Dairy Sci.* 91, 2046-2066.