

Heuqualität auf österreichischen Praxisbetrieben unter besonderer Berücksichtigung der Feld- und Lagerpilzflora

Hay quality on Austrian farms in specific consideration of the fungal status afield and storage

Reinhard Resch^{1*} und Gerald Stögmüller²

Zusammenfassung

Die Auseinandersetzung mit Fragen rund um die Heuqualität findet in Österreich regelmäßig und bundesweit seit 2007 statt. Mit dem LK-Heuprojekt 2018 wurde erstmals eine mikrobiologische Untersuchung in das Pflichtprogramm der Teilnehmer aufgenommen. Außerdem wurden von 95 % der Heuproben die Mengen- und Spurenelemente analysiert. Die Gerüstsubstanzeanalyse ist seit 2015 im Programm und mittlerweile „Routine“. Die erweiterten Möglichkeiten das „Universum der Heukonservierung“ besser zu verstehen, brachten in den aktuellen mehrfaktoriellen Auswertungen bereits einige neue Erkenntnisse für die rund 8.000 Heumilchbetriebe in Österreich zu Tage.

Auswirkungen von qualitätsbeeinflussenden Faktoren wie Erntezeitpunkt und einige Schritte im Erntemanagement (Schnitthöhe, Länge der Feldphase, Erntegerät) sowie Effekte verschiedener Heutrocknungsverfahren konnten auch für das überdurchschnittlich warme Jahr 2018 bestätigt werden. Mit der Gerüstsubstanzeanalyse konnte über NDF, ADF- und Ligningehalt herausgearbeitet werden, dass viele Heupartien stängelreich bzw. blattarm waren und damit eine ungünstige Verdaulichkeit und reduzierte Nettoenergiekonzentration aufwiesen. Förderung wertvoller Gräser und Reduktion von Blattverlusten bei der Ernte durch besseres Management stehen somit auf der Agenda der Verbesserungsmaßnahmen ganz oben. Die Eisenuntersuchung brachte hervor, dass die Erdverschmutzung bei 15 % der Heuproben ein Problem und bei weiteren 30 % ein Thema ist, wo noch Qualitätspotential von den Landwirten zu holen wäre.

In der Bewertung der Futterhygiene fiel auf, dass 91 % der untersuchten Heuproben in den drei VDLUFA-Keimgruppen der Feld- und Lagerpilze in die erste Qualitätsstufe fielen und damit für Rinder unbedenklich waren. Bei Heuproben mit folgenden Eigenschaften traten tendenziell höhere Keimzahlen bei verderbanzeigenden Lagerpilzen auf: 1. Aufwuchs, höhere Lagen, höhere Stängelanteile, Futterschmutzung, Bodentrocknung, höhere Schütthöhe am Heustock, Belüftungsdauer ab ca. 72 Stunden. Mit dem Wissen welche Umwelt- und Managementfaktoren die Vermehrung von sporenbildenden

Summary

In Austria, questions regarding hay-quality are regularly discussed since 2007. By means of hay projects (organised by AREC-Raumberg-Gumpenstein, agricultural chambers and work-groups milk-production) some aspects of quality were analysed. Structured carbohydrates (NDF, ADF, ADL) are part of the quality analysis since 2015 and microbiological parameters (fungi) were included 2018. However, advanced facilities of quality assessment could explain the „universe of hay“ with new findings for approx. 8,000 haymilk producing dairy farmers in Austria.

Concerning hay-quality, we confirmed impact of quality increasing factors like date of harvest, conservation management (cutting height, harvest equipment etc.) and different drying technologies, also for the very warm year 2018. Reduction of time on the field and artificial ventilation of hay with warm air achieved higher nutrient-contents and energy-concentrations in hay of first cut. Austrian hay based mostly on forage of permanent grassland. By means of analysis of plant cell wall, we determined high contents of stems and lower percentage of leaves. Consequences of this situation are decreasing digestibility of organic matter and lower net energy concentrations of hay. A great potential for Austrian hay-quality could be found in the improvement of grassland management and avoidance of losses of precious plant leaves. Detection of iron-content in hay showed us a strong relationship to soil contamination. Certainly 15% of analysed hay samples and in addition probably 30% of samples were contaminated with soil.

Microbiological analysis showed us 91% of hay samples were related to first quality in hygienic status (VDLUFA norms for field and storage flora). Hay with following properties was prone to higher microbial counts of spoilage indicating storage flora: first cut, hay of higher altitudes, higher content of stems, soil contamination, ground drying without ventilation at storage, higher fill height on stock and time for ventilation above 72 hours. Knowledge of different factors (environment and management) decreasing spore forming storage flora is important to develop effective strategies against

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

² Futtermittellabor Rosenau der Landwirtschaftskammer Niederösterreich, Wienerstraße 64, A-3100 St. Pölten

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

Lagerpilzen reduzieren, können gezielte Maßnahmen ergriffen werden, die letztlich Nutztiere und insbesondere die Menschen, die regelmäßig mit Heu arbeiten, weniger belasten.

Schlagwörter: Schimmelpilze, Heuverpilzung, Mikrobiologie, Heumanagement, Heuqualität, Heu, Grummet, Trocknungsverfahren

microbial problems regarding farm animals and humans working regularly with hay.

Keywords: mold, funghi, microbiology, hay-management, hay-quality, harvest technique, drying technologies

1. Einleitung

In Österreich verzichten etwa 8.000 Milchviehbetriebe auf den Einsatz von fermentierten Futtermitteln (ÖPUL-Maßnahme Silageverzicht), d.h. diese Landwirte haben als Grundfutterbasis ausschließlich Grünfütter bzw. Heu und Grummet zur Verfügung. Der überwiegende Teil des konservierten Raufutters stammt in Österreich aus Dauergrünlandflächen, die je nach Bewirtschaftungsintensität 2 bis 5 mal (max. 6 mal im Vorarlberger Rheintal) jährlich gemäht werden. Heu wird vom Niederungsgrünland auf 400 m bis zum alpinen Grünland der Bergmäher auf über 2.000 m Seehöhe erzeugt. Österreichische Projektstudien der letzten 10 Jahre ergaben, dass sich die Flächen der Heuproduzenten im Durchschnitt auf rund 885 m Seehöhe befanden.

Der wirtschaftliche Erfolg in der Heumilchproduktion steht in engem Zusammenhang mit der Qualität der wirtschaftseigenen Futtergrundlage, weil etwa 50 % der gesamten Kosten für Futter aufgewendet werden müssen und insbesondere zugekaufte Eiweißfuttermittel kostspielig sind. Die Produktion von hochwertigem Raufutter stellt für viele Betriebe eine Herausforderung im Bereich Pflanzenbestand, Konservierungsmanagement und Trocknungstechnik dar. Problemfelder sind vielfach lückige, verkrautete Wiesen bzw. die Ausbreitung der Gemeinen Rispe (*Poa trivialis*), erdige Futterverschmutzung und hohe Feldverluste durch Abbröckelung.

Die traditionelle Bodentrocknung von Grünlandfutter nutzt ausschließlich die Sonnenenergie zur Futtertrocknung. Dieses Verfahren braucht die längste Feldphase für die Vortrocknung und trägt daher das größte Wetterisiko. Trockenmassegehalte von ca. 800 g/kg FM bei der Ernte erhöhen einerseits die Wahrscheinlichkeit von Qualitätsverlusten durch Abbröckelung der Blattmasse (RESCH et al. 2009) und andererseits das Risiko einer massiven Vermehrung der vorhandenen epiphytischen Mikroflora (ADLER 2002, ADLER et al. 2014) im feuchten Erntegut. Erhitzung von Heustock bzw. Heuballen und die Schimmelpilzvermehrung auf dem Lager stehen meist in Zusammenhang mit dem Wassergehalt des Ernteguts und einer unzureichenden Effizienz des angewendeten Trocknungsverfahrens.

Physikalische Eigenschaften des Futters und anlagentechnische Auslegungen erfordern vom Landwirt technisches Verständnis und Feingefühl in der Anlagenbedienung, ansonsten verursacht die Trocknung hohe Kosten und bringt nicht den optimalen Erfolg. Kaltbelüftungen haben nur einen eingeschränkten Trocknungseffekt. Insbesondere bei kühlen Temperaturen oder hohen Luftfeuchtigkeiten ist die Wasseraufnahme der Luft sehr gering und das reduziert die Effektivität der Heutrocknung (WIRLEITNER et al. 2014). Belüftung mit Kaltluft hat somit Grenzen im Hinblick auf den Wassergehalt des Ernteguts.

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

Seit dem Jahr 2007 werden bundesweite Heuprojekte von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein und den Fütterungsreferenten der Landeslandwirtschaftskammern unter Einbindung der Arbeitskreisberatung Milchproduktion und anderer Projektpartner (LKV, Maschinenring, ARGE Heumilch) organisiert (RESCH 2010, 2011, 2013a, 2013b). Eine zentrale Rolle in den LK-Heuprojekten spielen dabei Qualitätsdaten von Raufutterproben aus der Praxis inklusive Laboranalysen in Kombination mit Fragebogen-Erhebungen zur Arbeitsweise der Heuproduktion. Das Interesse der Heumilchbauern an derartigen Projekten teilzunehmen ist spürbar, da bisher mehr als 3.000 Heuproben mit Laborbefunden und Daten zum Management vorliegen. Nur eine breite Datenbasis ermöglicht die Analyse der IST-Situation von Heu und Grummet und ermöglicht durch Wissenserweiterung eine gemeinsame Entwicklung der Raufutterqualitäten in Österreich.

Das LK-Heuprojekt 2018 hat in der Futtermittelanalyse durch die Einbindung der mikrobiologischen Untersuchung in Form der Verpilzung (Feld- und Lagerpilze) und der Gerüstsubstanzzanalyse eine neue Dimension zur ganzheitlicheren Qualitätsbewertung von Heu beschrritten. Mit 600 untersuchten Heuproben setzt dieses Projektjahr neue Maßstäbe für Heumilchbauern. Insbesondere die neuen Daten zur Futterhygiene von Heu können dabei helfen die „Welt des Heus“ besser zu verstehen und damit mögliche gesundheitliche Belastungen der Landwirte durch Optimierung des Managements zu minimieren.

Die praxisgerechte Aufbereitung von aktuellen Erkenntnissen und der Wissenstransfer hin zu den Heumilchbauern sind für die fachliche Weiterbildung essentiell. Dazu braucht es eine effektive Vernetzung von Heumilchbauern, Fachberatung der Landwirtschaftskammern, Arbeitskreisberatung Milchproduktion, landwirtschaftlichem Bildungswesen und der Forschung.

Unter Berücksichtigung der betrieblichen Gegebenheiten (Standort, Ausstattung, Arbeitskräfte etc.) ist daher die Qualitätskontrolle durch eine Futterbewertung (Laboruntersuchung, Sinnenprüfung) ein erster Schritt um eigene Schwachstellen/Potentiale kennenzulernen. Auf dieser Basis können Ursachen für Probleme ergründet und Maßnahmen zur Verbesserung festgelegt werden.

2. Material und Methoden

2.1 Probenziehung

Um eine fundierte Aussage zur Qualität eines beprobten Futterstockes treffen zu können, ist die repräsentative Probenziehung Grundvoraussetzung. Bei den österreichischen LK-Heuprojekten wurde die Probenziehung zu ~65 % mit standardisierten Edelstahlbohrern aus dem Heustock bzw. den Heuballen gestochen. Die übrigen Heuproben wurden händisch an mindestens fünf Entnahmestellen beprobt. Die Ziehung der Probe wurde größtenteils durch offizielle Probenzieher (Landwirtschaftskammer, Maschinenring Tirol, LKV Salzburg) durchgeführt. Von der Gesamtprobe wurden ca. 500 bis 1.000 g für die chemische Analyse an das Futtermittellabor Rosenau in Papierbeuteln bzw. Pappschachteln geschickt. Ein Teil der Probe wurde für die Auswertungsseminare (Arbeitskreisbetriebe) aufbewahrt.

2.2 Fragebogen zum Management

Die Verschneidung zwischen chemischen Untersuchungsparametern und dem Management des Betriebes wurde erst durch die Erhebung verschiedener Informationen über Betrieb, Wirtschaftsweise, Ausgangsmaterial, Heuernte, Trocknungsart und eigene Einstufung der Qualität mittels Fragebogen möglich. Im Erhebungsbogen (*Anhang Fragebogen Heuprojekt 2018*) wurden detaillierte Aspekte vom Landwirt abgefragt.

2.3 Laboruntersuchungen

Die chemische Analyse der Heu- und Grummetproben erfolgte im Futtermittellabor Rosenau (LK-Niederösterreich in Wieselburg) anhand von Standardmethoden (VDLUFA 1976). Vom Organisationskomitee des LK-Heuprojektes wurde ein Mindestumfang für die Futtermittelanalyse 2018 festgelegt: Weender-Rohnährstoffe, Gerüstsubstanzen, Zucker. Die Verpilzung (Feld- und Lagerpilzflora) wurde ebenfalls von allen Heuproben untersucht (VDLUFA 2007a). Bei der Einstufung der Faserstoffe wurde in der Analyse dem neuen Zeitgeist Rechnung getragen, indem die Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) von sämtlichen Proben untersucht wurden. Die Rohfaser als auslaufender Parameter wird in den Darstellungen nur mehr als Beifügung für Vergleiche gezeigt. Berechnet wurden das nutzbare Protein (nXP) und die ruminale Stickstoffbilanz (RNB). Die Verdaulichkeit der organischen Masse (dOM), metabolische Energie (ME) und Nettoenergie-Laktation (NEL) wurden mittels Regressionskoeffizienten nach GRUBER et al. (1997) geschätzt.

2.4 Datenbasis

Für die vergleichenden Untersuchungen wurden Daten aus den LK-Heuprojekten seit 2007 herangezogen. Insgesamt standen 3.264 Datensätze mit chemischen Analysen, davon 600 aus dem Jahr 2018 zur Verfügung. Von den meisten Heuanalysen waren auswertbare Fragebogendaten vorhanden. Die Projektteilnehmer kamen vorwiegend aus den westlichen Bundesländern (Tirol, Vorarlberg und Salzburg). Die meisten Proben konnten dem 1. Aufwuchs (45 %) zugeordnet werden. Auf den 2. Aufwuchs entfielen 34 %, der Rest von 21 % auf die nachfolgenden Aufwüchse. Um eine

statistische Auswertung der Aufwüchse 3 bis 6 zu ermöglichen, wurden diese Proben in einer Gruppe zusammengefasst. Im LK-Heuprojekt wurden auch verhältnismäßig wenige Raufutterproben eingeschickt, welche aus einer Mischung zwischen 1. und anderen Aufwüchsen bestanden. Diese Mischproben konnten in punkto Futterqualität nicht ausgewertet bzw. zugeordnet werden, weil die Aufwüchse sehr heterogen sind; somit fehlen sie in dieser Arbeit. Im Erhebungsbogen wurde die Futterzusammensetzung der eingesendeten Heuprobe abgefragt. 98 % der Proben stammten aus Dauergrünlandflächen, der Rest teilte sich auf Feldfutter (Rotklee, Luzerne, Klee gras, Luzerne gras) auf. Die geringe Probenanzahl bei Feldfutter war statistisch nicht auswertbar, daher wurde auf eine Darstellung verzichtet.

Die Fragebogendaten wurden in den Landwirtschaftskammern der Bundesländer über eine einheitliche MS-Access-Eingabemaske erfasst und kontrolliert. Die Analysendaten aus Rosenau wurden an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in die Datenbank importiert. Nach Sammlung der gesamten Daten erfolgte eine Plausibilitätsprüfung und Validierung der Daten.

2.5 Statistische Auswertung

Die statistischen Berechnungen wurden an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein mit der Software Statgrafics Centurion (Version XVII) und mit IBM SPSS Statistics (Version 25) durchgeführt. Für die mehrfaktoriellen Analysen wurde das GLM-Verfahren (Allgemeine lineare Modellierung) herangezogen. Die Mittelwertvergleiche wurden mit der Methode TUKEY-HSD (**H**onestly **S**ignificant **D**ifference) durchgeführt. Die berechneten P-Werte beziehen sich auf ein Konfidenzniveau von 95 %. Signifikante P-Werte sind in den Tabellen mit fetter Schrift dargestellt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung von Daten aus den LK-Heuprojekten verfolgt das Ziel Heuqualitäten aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten, um Erkenntnisse im Sinne einer qualitativ positiven Entwicklung zu erarbeiten und diese zwischen Forschung, Lehre, Beratung und Praxis diskutieren zu können. In diesem Beitrag werden Einflussfaktoren und deren Wirkung auf die chemische und mikrobiologische Heuqualität von Heuproben aus Österreich besprochen.

3.1. Erntezeitpunkt 1. Aufwuchs

Ein maßgeblicher Einflussfaktor auf die Futterqualität ist das Datum der Futterernte, welches in unmittelbarem Zusammenhang mit dem pflanzlichen Vegetationsstadium steht (GRUBER et al. 2011). Im LK-Heuprojekt wurden die Einflüsse auf den Erntezeitpunkt im 1. Aufwuchs unter Verwendung von vier kategorialen Variablen und der Seehöhe als Covariate mit einem linearen Modell untersucht (*Tabelle 1*).

Die Streuung der Erntezeitpunkte konnte mit dem linearen Modell zu ~60 % (R^2) erklärt werden. Die Seehöhe übte den stärksten Einfluss auf den Erntezeitpunkt aus. Auf einer mittleren Seehöhe von 885 m wurde das Heu im Durchschnitt am 9. Juni geerntet. Eine Zunahme von 100 m Seehöhe bewirkte eine Verzögerung des Erntetermines um 3,9 Tage. Ein

Tabelle 1: Einflussfaktoren auf das Erntedatum im 1. Aufwuchs (LK-Heuprojekte 2007 bis 2018)

Faktor	P-Wert	1	2	3	4	5	6	7
Projektjahr	< 0,01	2007–2010 12. Juni	2012 10. Juni	2015 09. Juni	2018 06. Juni			
Bundesland	< 0,01	Kärnten 12. Juni	Niederösterreich 26. Juni	Oberösterreich 10. Juni	Salzburg 06. Juni	Steiermark 05. Juni	Tirol 07. Juni	Vorarlberg 01. Juni
Wirtschaftsweise	< 0,01	Bio 09. Juni	UBB 06. Juni	UBB+Verzicht 08. Juni	Konventionell 14. Juni			
Trocknungsverfahren	< 0,01	Bodentrocknung 15. Juni	Kaltbelüftung 08. Juni	Warmbelüftung 05. Juni				
Seehöhe (Mittelwert 885 m)	< 0,01							

Gunstlagenbetrieb auf 500 m Seehöhe erntete demnach im Durchschnitt am 25. Mai, während ein Bergbetrieb auf 1.300 m mit der Heuernte erst am 25. Juni begann. Die Seehöhe hat auch eine Wirkung auf die Nutzungshäufigkeit (Mahd- und Weidenutzung) der Grünlandflächen. Zweischnittflächen lagen im Durchschnitt auf einer Seehöhe von ~1.300 m und Flächen mit fünf Nutzungen auf unter 700 m (Abbildung 1). Rund 44 % der Proben aus dem LK-Heuprojekt 2018 stammten von Grünlandflächen mit jährlich vier Nutzungen und 31 % mit dreimaliger Nutzung. Auf intensive Gunstlagenflächen mit fünf Nutzungen entfielen 17 % der Proben. Die restlichen 8 % der untersuchten Proben wurden auf Zweischnittflächen geerntet.

Auf Basis gleicher Seehöhe konnten zwischen den Bundesländern signifikante Unterschiede im Erntedatum des 1. Aufwuchses festgestellt werden. Am frühesten ernteten im Durchschnitt die Vorarlberger und mehr als 3 Wochen später die Niederösterreicher. Schließlich hatte auch die Wirtschaftsweise einen signifikanten Effekt auf das Erntedatum. ÖPUL-Betriebe (Maßnahme Bio, UBB) mähten das Heu um mindestens fünf Tage früher als „konventionelle“ Betriebe.

Mit einer Warmbelüftung ausgestattete Betriebe ernteten das Heu auf gleicher Seehöhe um 10 Tage früher als Betriebe

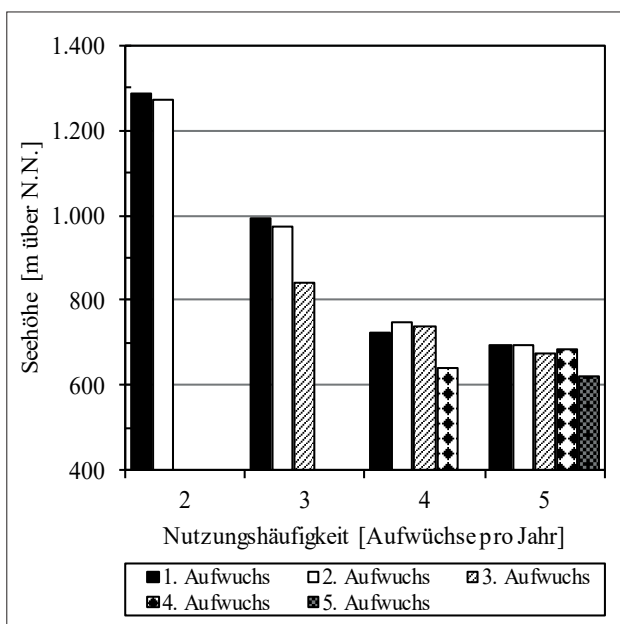


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Seehöhe und Nutzungshäufigkeit auf Heubetrieben (LK-Heuprojekt 2018)

mit Bodentrocknung ohne Heubelüftung. Die statistische Analyse der bisherigen Heuprojekte zeigte auch einen signifikanten Jahreseffekt. Seit Beginn der LK-Heuprojekte im Jahr 2007 zeichnet sich ein Trend hin zu früheren Erntezeitpunkten ab. Die Ernte im Jahr 2018 erfolgte um 6 Tage früher als vor 10 Jahren (Tabelle 1).

3.2 Chemische Parameter und Heuqualität

Für die Beschreibung von Futterqualitäten haben sich Parameter aus der chemischen Laboranalyse, ermittelt mit standardisierten Methoden (VDLUF 1976), bewährt. Nachstehend wurden verschiedene Parameter tabellarisch dargestellt, um Heuqualitäten in Österreich anhand einer deskriptiven Auswertung einstufen zu können. Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit wurden neben Gesamtmittelwert, Standardabweichung und Probenanzahl auch die Mittelwerte der letzten Projektjahre sowie Median, Minimum, Maximum und die Quartile (unteres bzw. oberes Viertel) angeführt. Qualitätstabellen für Heu, die zusätzlich auf das Vegetationsstadium der Pflanzenbestände Rücksicht nehmen, bieten die „Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum“ (RESCH et al. 2006) bzw. die „DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer (DLG 1997) für Deutschland.

Aufgrund der erheblichen Qualitätsunterschiede bei Dauerwiesenfutter im Verlauf der Vegetationsperiode, werden in dieser Arbeit die einzelnen Aufwüchse separat angeführt (Tabelle 2 und Anhang Tabelle 1 bis 3).

Die TM-Gehalte der Heuproben waren im 1. Aufwuchs bis auf 0,3 % der Proben unbedenklich, weil die Werte über 870 g/kg FM lagen. Es ist anzunehmen, dass Probenverpackung (Papiersack) und die Zeit zwischen Probenziehung und Analyse den TM-Gehalt erhöhten, allerdings können wir hier die Größenordnung der Einflüsse nicht fassen. Unter exakten Versuchsbedingungen konnte beobachtet werden, dass innerhalb von 7 Tagen nach der Einfuhr des Erntegutes ein TM-Gehalt von mehr als 870 g/kg FM erreicht werden konnte (RESCH 2014). Dieser Zeitraum kann sich bei bodengetrocknetem Heu und ungünstigen Wetterbedingungen noch wesentlich länger hinauszögern.

Die großen Qualitätsunterschiede in der österreichischen Heuqualität von Dauerwiesen zeigen sich allein schon in der Spannweite der Rohprotein- und NDF-Gehalte (Abbildung 2). Aus qualitativer Hinsicht war der mittlere Rohproteingehalt im 1. Aufwuchs mit 110 g/kg TM gering. So liegt der Proteinbedarf von Milchkühen in der Laktation mit 140 bis 160 g XP/kg TM deutlich höher (GFE 2001). Die Folgeaufwüchse (Grummet) enthielten bei gleichen

Tabelle 2: Übersicht Heuqualität Österreich 1. Aufwuchs (LK-Heuprojekte 2007 bis 2018)

Parameter	Einheit	2012	2015	2018	Mittelwert	Std.-abw.	Probenanzahl	Min.	25	Perzentile 50	75	Max.
Trockenmasse (TM)	g/kg FM	914	920	921	916	11,7	1.472	851	908	916	923	965
Rohprotein (XP)	g/kg TM	112	111	118	110	22,0	1.470	59	95	107	120	227
Nutzbares Protein (nXP)	g/kg TM	126	121	126	123	9,2	1.450	93	117	123	129	162
Ruminale N-Bilanz (RNB)	g/kg TM	-2,4	-1,6	-1,1	-2,1	2,4	1.450	-8	-4	-3	-1	12
Strukturkohlenhydrate (NDF)	g/kg TM	479	527	517	523	58,7	442	386	482	524	567	688
Zellulose und Lignin (ADF)	g/kg TM	329	313	329	327	34,7	409	202	305	325	351	443
Lignin (ADL)	g/kg TM	57	44	49	50	10,9	408	21	43	49	56	95
Zucker (XZ)	g/kg TM	138	135	137	134	31,7	945	0	115	135	156	304
Rohfaser (XF)	g/kg TM	264	291	279	281	33,7	1.470	157	257	281	304	412
Rohfett (XL)	g/kg TM	30	26	28	28	3,7	1.436	15	26	28	30	38
Rohasche (XA)	g/kg TM	88	89	85	87	18,7	1.468	47	74	84	95	230
OM-Verdaulichkeit (dOM)	%	71,5	67,8	69,5	69,1	4,4	1.446	55,2	66,0	69,1	72,1	83,9
Umsetzbare Energie (ME)	MJ/kg TM	9,89	9,32	9,63	9,55	0,65	1.468	6,94	9,09	9,51	9,97	11,65
Nettoenergie (NEL)	MJ/kg TM	5,89	5,48	5,70	5,64	0,47	1.451	3,96	5,31	5,62	5,94	7,23
Kalzium (Ca)	g/kg TM	7,3	6,5	7,4	6,9	2,1	1.373	2,8	5,4	6,6	8,0	19,2
Phosphor (P)	g/kg TM	2,4	2,4	2,4	2,4	0,6	1.373	1,0	1,9	2,4	2,8	5,0
Magnesium (Mg)	g/kg TM	2,5	2,4	2,5	2,5	0,9	1.373	1,1	2,0	2,3	2,8	17,7
Kalium (K)	g/kg TM	20,7	22,4	22,6	21,6	5,1	1.372	8,7	17,8	21,1	24,9	40,5
Natrium (Na)	g/kg TM	0,40	0,29	0,30	0,31	0,34	1.373	0,06	0,17	0,24	0,34	5,08
Eisen (Fe)	mg/kg TM	544	717	501	548	452	428	69	240	400	688	3.498
Mangan (Mn)	mg/kg TM	90,2	94,0	94,9	93,6	50,1	428	6,7	59,7	83,0	115,9	388,5
Zink (Zn)	mg/kg TM	31,4	32,1	32,4	32,3	13,4	428	15,3	25,6	29,9	36,0	174,5
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	6,0	8,0	6,7	6,8	1,5	428	3,2	5,5	6,6	7,7	12,1

NDF-Gehalten rund 20 g höhere Rohproteingehalte als der 1. Aufwuchs (Abbildung 2). Der Jahreseinfluss auf den Proteingehalt ist erheblich, das zeigte sich im Jahr 2018 mit durchschnittlich guten XP-Gehalten von 118 g/kg TM (Tabelle 2). Im 1. Aufwuchs lag die N-Bilanz im Pansen zum überwiegenden Teil im negativen Bereich, d.h. es ist bei dessen ausschließlicher Futtermittelvorlage eine Proteiner-gänzung durch positiv bilanzierende Futtermittel nötig, um den Bedarf zu decken.

Im Hinblick auf die gesamten Zellwandbestandteile (NDF) lagen 68 % der Heuproben im Orientierungsbereich für gute

Heuqualität (STÖGMÜLLER und RESCH 2017) von 430 und 535 g/kg TM (Abbildung 2). Rund 20 % der untersuchten Proben wurden aus qualitativer Sicht zu spät geerntet. Heu mit sehr geringer Strukturwirkung (NDF < 400 g/kg TM) wurde von 5 % der Einsender konserviert. Derartig junges Futter sollte nur in Kombination mit strukturwirk-samen Futtermitteln vorgelegt werden. Die Varianz von Rohproteingehalten bei gleichen NDF-Gehalten ist nach RESCH et al. (2015) auf den Pflanzenbestand, aber auch auf Verlust an Blattmasse durch Abbröckelung im Zuge der Heuwerbung zurückzuführen. Zwischen Stängelanteil und

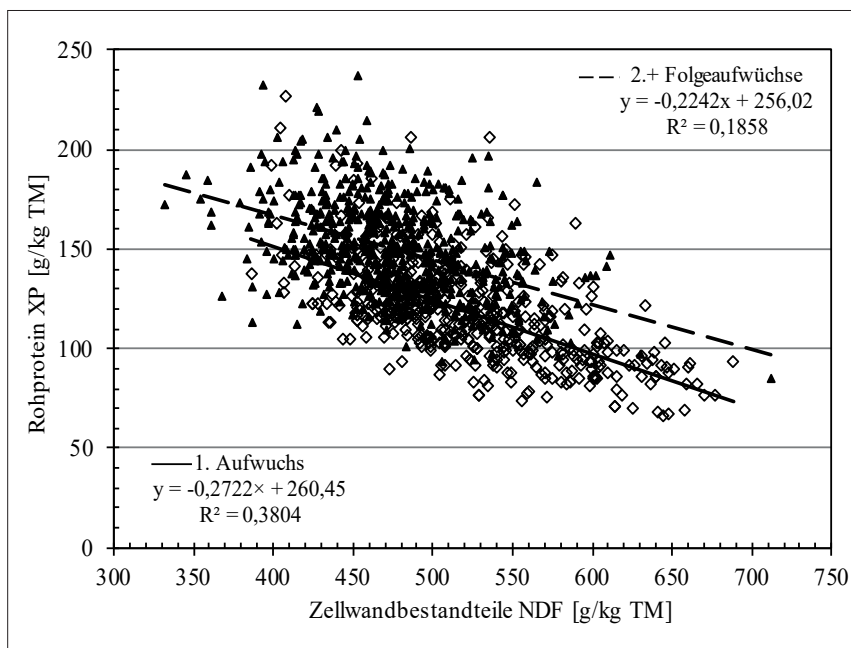


Abbildung 2: Beziehung NDF und Rohprotein im Heu in Abhängigkeit der Aufwüchse (LK-Heuprojekte 2012 bis 2018)

ADF-Gehalt (Zellulose und Lignin) besteht eine positive Beziehung, d.h. höhere ADF-Werte weisen prinzipiell auf höhere Stängelanteile hin (Abbildung 3). Der 1. Aufwuchs und die Folgeaufwüchse unterschieden sich in der Beziehung NDF zu ADF nur geringfügig, das zeigen die linearen Trendlinien. Aus Sicht einer günstigen Verdaulichkeit wären ADF-Gehalte unter 300 g/kg TM erstrebenswert. In der Praxis schafften das im Jahr 2018 weniger als 25 % der Probeneinsender. Heu aus Dauerwiesenfutter weist in Österreich trotz gut gewähltem Erntezeitpunkt im Durchschnitt einen erhöhten Stängelanteil auf, welcher sich qualitätsreduzierend auf die Verdaulichkeit der organischen Masse und auf die Futterenergie auswirkt.

Daher sollten neben der Wahl des optimalen Erntezeitpunktes (Ähren-/Ris-penschieben der Leitgräser Knaulgras bzw. Goldhafer) auch pflanzenbauliche Lenkungsmaßnahmen blattreiche-

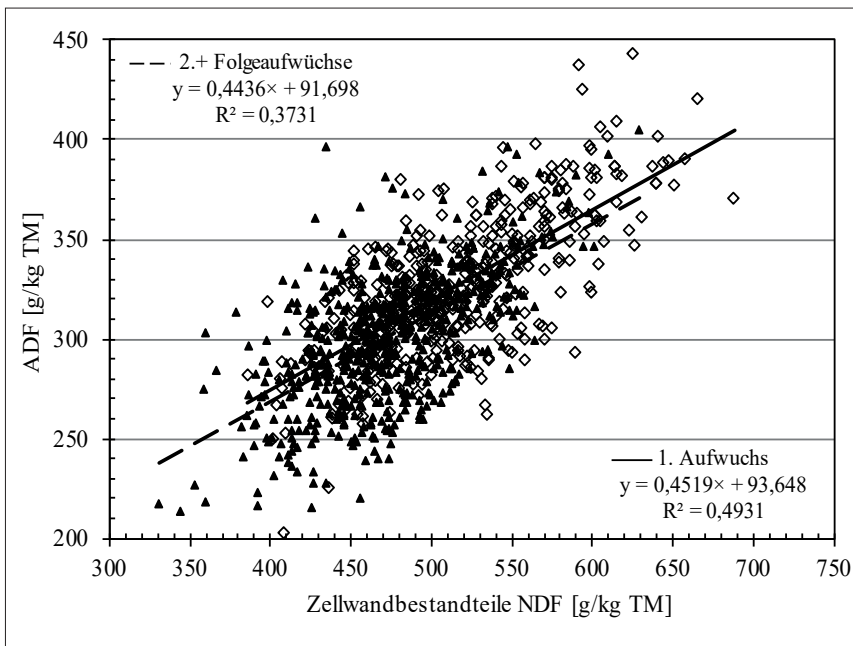


Abbildung 3: Beziehung NDF und ADF im Heu in Abhängigkeit der Aufwüchse (LK-Heuprojekt 2012 bis 2018)

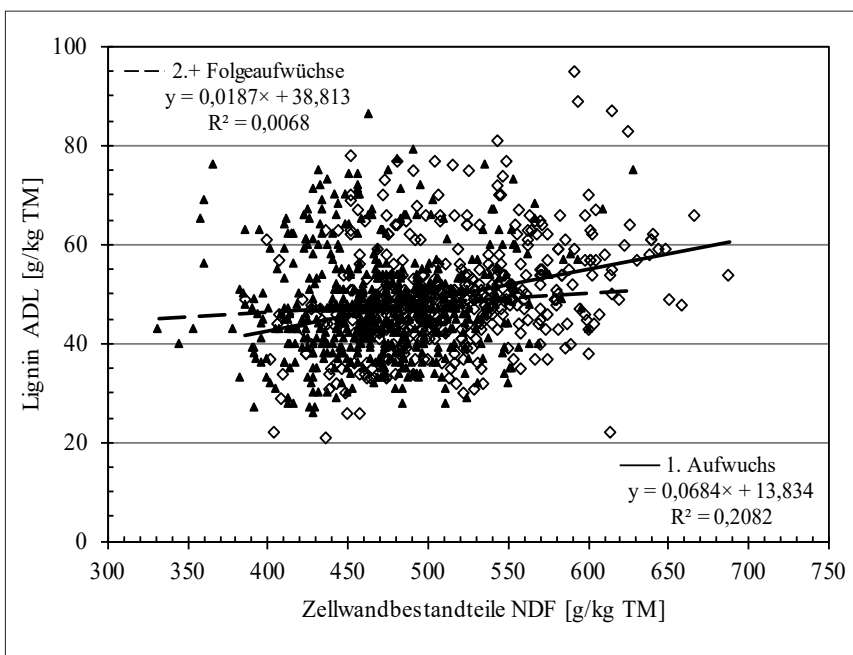


Abbildung 4: Beziehung NDF und Lignin (ADL) im Heu in Abhängigkeit der Aufwüchse (LK-Heuprojekt 2012 bis 2018)

re Futterpflanzen fördern sowie schonende Ernte- bzw. Trocknungsverfahren die Bröckelverluste an wertvoller Blattmasse reduzieren.

Nach DACCORD et al. (2001) korreliert der Stängelanteil positiv mit dem Ligningehalt (ADL). Lignin ist unverdaulich, daher wirken sich schon 10 g ADL entsprechend negativ auf die Verdaulichkeit der organischen Masse aus (RESCH und STÖGMÜLLER 2017). Erstrebenswert wären Ligningehalte von weniger als 45 g/kg TM. Diese ADL-Zielvorgabe erreichten 38 % der untersuchten Heuproben (Abbildung 4).

Ein ganz wesentlicher Aspekt der Futterqualität, der in der Praxis vielfach unterschätzt wird, betrifft die Futterverschmutzung mit Erde. Der Rohaschegehalt ist nach RESCH et al. (2014b) ein ungenauer Parameter zur Einstufung des Verschmutzungsgrades. Im Boden ist meistens viel Eisen enthalten, sodass bei einer Futterverschmutzung der Eisengehalt im Heu stark ansteigen kann.

In *Abbildung 5* zeigt sich eine enge Beziehung zwischen Rohasche- und Eisengehalt. Die Anwendung der Orientierungswerte für Rohasche (< 100 g/kg TM) bzw. Eisen (< 500 mg/kg TM) ergab, dass im Fall von Rohasche insgesamt 31 % der Proben wahrscheinlich eine Verschmutzung aufwiesen. Die Bewertung über den Eisengehalt ergab einen Anteil von 45 % der Proben mit wahrscheinlicher Erdverschmutzung. Die Untersuchung der Diskrepanz in *Abbildung 5* zeigt, dass 20 % der Heuproben mit Rohaschegehalten unter 100g/kg TM dennoch überhöhte Eisengehalte aufwiesen und somit eine Futterverschmutzung nahe liegen könnte. Andererseits konnten wir feststellen, dass 4 % der Heuproben mit Rohaschegehalten über 100 g/kg TM aufgrund geringer Eisengehalte (< 500 mg/kg TM) wahrscheinlich nicht verschmutzt waren. Für die Praxisbewertung der Futterverschmutzung mittels Rohaschegehalt besteht auf jeden Fall eine nicht unerhebliche Unsicherheit bei niedrigen Rohasche-Gehalten.

Die Wechselwirkung zwischen Schnitthöhe bei der Mahd und der Art des eingesetzten Mähgerätes war in punkto Eisengehalt deutlich ausgeprägt. Im Durchschnitt lagen die Eisengehalte im Fall von Rasierschnitt (Schnitthöhe < 5 cm) bei 1.063 mg bzw. bei 611 mg (Schnitthöhe 5 bis 7 cm) und 559 mg Fe/kg TM (Schnitthöhe > 7 cm). Mähwerke mit Mähauflbereiter wurden in ca. 25 % der Untersuchungen auf einer mittleren Seehöhe von 680 m, also in der Gunstlage, eingesetzt. Die durchschnittlichen Eisengehalte erreichten 540 mg/kg TM, bei einer Schnitthöhe unter 5 cm sogar weniger als 500 mg Fe/kg TM. Im Gegensatz dazu wurden Messerbalken-Mähwerke hauptsächlich in den hängigen Berglagen auf einer Seehöhe von ~1.140 m verwendet. Mit dieser Technik lagen die Eisen-Gehalte bei einer Schnitthöhe unter 5 cm bei ~1.450 mg/kg TM und bei Schnitthöhe über 5 cm auch noch über 600 mg Fe/kg TM. In den Berglagen ist die verschmutzungsfreie Heuernte offensichtlich schwieriger, d.h. hier wäre für die Betriebe durchaus Qualitätspotenzial vorhanden.

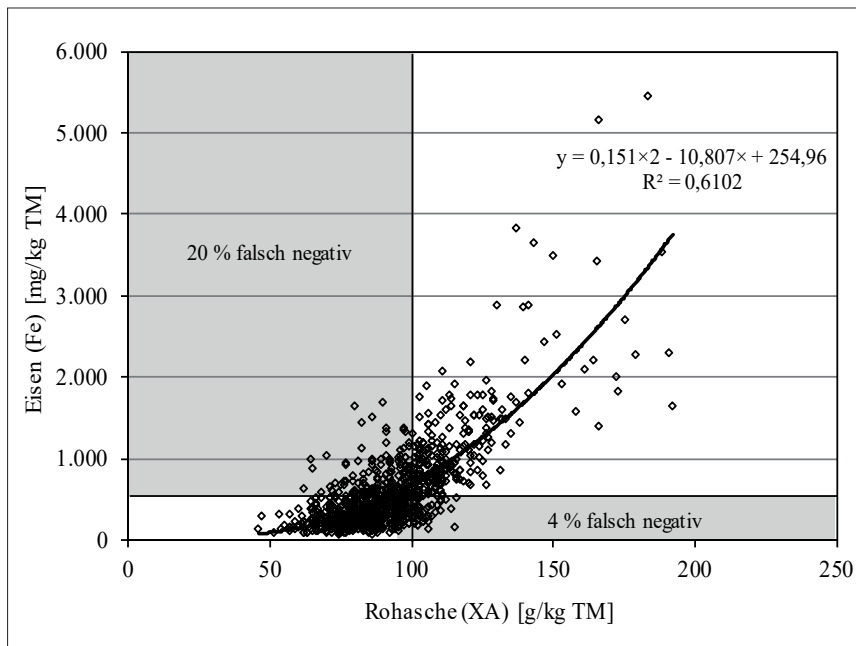


Abbildung 5: Beziehung zwischen Rohasche- und Eisengehalt im Heu aus Österreich (LK-Heuprojekt 2007 bis 2018)

3.3 Verpilzung von Heuproben in Österreich

Mit der Untersuchung futterhygienischer Aspekte (Verpilzung) von Heuproben aus dem Heulager wurde im LK-Heuprojekt eine für die landwirtschaftliche Praxis erweiterte Möglichkeit der Bewertung von Heuqualität eröffnet (VDLUFA 2007a). Bis dato wurden keine so breit angelegten mikrobiologischen Analysen von Heuproben aus Praxisbetrieben durchgeführt, daher ist diese Studie ein wichtiger Ansatz, um Art und Größenordnung der Verpilzung im Heu mit vorhandenen Ergebnissen und Systemen vergleichen zu können (Tabelle 3).

Im gelagerten Heu treten Mikroorganismen in Form von Gruppen verschiedener Bakterien- und Pilzarten auf. Nach UNDI et al. (1997) werden Pilze unter jenen Umweltbedingungen in größerer Zahl nachgewiesen, unter denen sie am besten überleben oder konkurrieren können. Abgesehen vom betreffenden Substrat sind der Feuchtigkeitsgehalt bzw. der verfügbare Wassergehalt und die Temperatur die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Vermehrung der Mikroflora im gelagerten Heu (KASPERSSON et al. 1984). Die meisten Pilzarten treten in einem Temperaturbereich von 10

bis 40 °C auf (ADLER 2002). Höhere Feuchtigkeit bei der Einlagerung führt zu einem stärkeren Temperaturanstieg im Erntegut, sodass bei Temperaturen über 40 °C die wenig thermotoleranten Arten aus der produkttypischen Feldflora rasch zurückgehen (WITTENBERG 1997) und häufig von einer Lagerflora abgelöst werden.

Da im LK-Heuprojekt 2018 weder der verfügbare Wassergehalt im Erntegut noch die Temperaturverhältnisse nach der Einlagerung bekannt waren, können dennoch die Keimzahlen und die nachgewiesenen Pilzarten einen gewissen Rückschluss auf die Verhältnisse der Heukonservierung geben. Bei geringeren Temperaturen und rasch schwindender Feuchtigkeit im Heulager werden tendenziell produkttypische Gattungen der Keimgruppe 4, also Hyphomyceten (*Acremonium*, *Cladosporien*, *Colletotrichum*, *Verticillien*) dominieren. Gelegentlich können auch toxinogene Pilze der

Gattungen *Fusarium* und *Alternaria* auftreten. *Coelomyceten* sind nach WITTENBERG (1997) die wichtigste und häufigste Gattung der produkttypischen Feldflora.

Die Entwicklung von verderbanzeigenden Mikroorganismen der Lagerflora hängt primär vom Feuchtigkeitsgehalt des Heus im Zusammenwirken mit der Temperatur und der Effektivität der Belüftung ab (REISS 1986). Eine verderbanzeigende Lagerpilzflora ist in der Regel von einer geringeren Artenvielfalt gekennzeichnet. Sporenbildende Pilze wie *Wallemia sebi* bzw. *Aspergillus glaucus* oder *Mucorales* treten häufig bei Feuchtigkeiten von 20 bis 25 % und Temperaturen bis maximal 35 °C dominant in Erscheinung (ADLER et al. 2014).

Wir konnten beobachten, dass sich die Artenvielfalt bei zwei Drittel der untersuchten Proben auf vier Pilzarten beschränkte. Die maximale Anzahl je Probe betrug acht verschiedene Pilzspezies (Tabelle 4). Von der Feldflora waren am häufigsten *Coelomyceten*, *Cladosporien* und *Fusarien* sowie *Aureobasidien* dominant vertreten. In 80 % der Heuproben war eine Feldpilzart aus Keimgruppe 4 der dominierende Pilz. Trat eine Lagerpilzflora in Erscheinung,

Tabelle 3: Orientierungswerte des VDLUFA für produkttypische und verderbanzeigende Mikroorganismen in Heu, zusammengefasst zu Keimgruppen (KG) 1 bis 7 (VDLUFA 2007b)

Keimgruppen (KG)	Wichtige Indikatorkeime, u.a.	Orientierungswert
	Mesophile aerobe Bakterien	x 10⁶ KBE/g
KG 1	Produkttypische Bakterien	30
KG 2	Verderbanzeigende Bakterien	2
KG 3	Verderbanzeigende Bakterien	0,15
	Schimmel- und Schwärzepilze	x 10³ KBE/g
KG 4	Produkttypische Pilze	200
KG 5	Verderbanzeigende Pilze	100
KG 6	Verderbanzeigende Pilze	5
	Hefen	x 10³ KBE/g
KG 7	Verderbanzeigende Hefen	150

*KBE = kolonienbildende Einheiten je g Frischmasse (FM)

Tabelle 4: Identifizierte Pilzarten der VDLUFA-Keimgruppen 4 bis 6 im Heu aus österreichischen Praxisbetrieben und deren Rang in der Dominanz des Auftretens (LK-Heuprojekt 2018)

KG	Spezies	Anzahl an Proben und Dominanz (Stetigkeit) der Spezies							
		Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5	Rang 6	Rang 7	Rang 8
4	Coelomyceten	275	141	1	24	4	0	0	0
4	Cladosporien	109	135	101	48	15	3	1	0
4	Fusarien	72	148	1	66	16	2	1	0
4	Aureobasidium	8	41	69	81	28	7	1	0
4	Alternaria	2	1	17	32	13	4	2	0
4	Dematiaceen	0	0	53	0	0	0	0	0
4	Acremonium	0	0	2	2	1	0	0	0
5	<i>Aspergillus glaucus</i>	56	52	55	46	20	0	0	0
5	<i>Walleimia</i>	50	15	12	18	23	6	2	0
5	<i>Aspergillus fumigatus</i>	5	22	16	13	6	4	0	0
5	<i>Aspergillus niger</i>	0	6	8	14	12	4	2	1
5	Penicillien	3	0	9	2	0	0	0	0
5	<i>Aspergillus ochraceus</i>	1	1	2	1	0	0	0	0
5	<i>Aspergillus flavus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
6	Mucor	1	6	182	29	21	15	5	0
6	Rhizopus	0	0	2	2	2	4	3	0

waren insbesondere *Aspergillus glaucus*, *Walleimia sebi* sowie *Aspergillus fumigatus* dominant. In 20 % der Heuproben dominierte ein sporenbildender Verderbanzeiger aus Keimgruppe 5 die Flora. *Mucorales* (Keimgruppe 6) kamen nur in einem Fall als dominanteste Art zur Geltung. Das liegt daran, dass diese Pilze auf den Nährböden schlechter

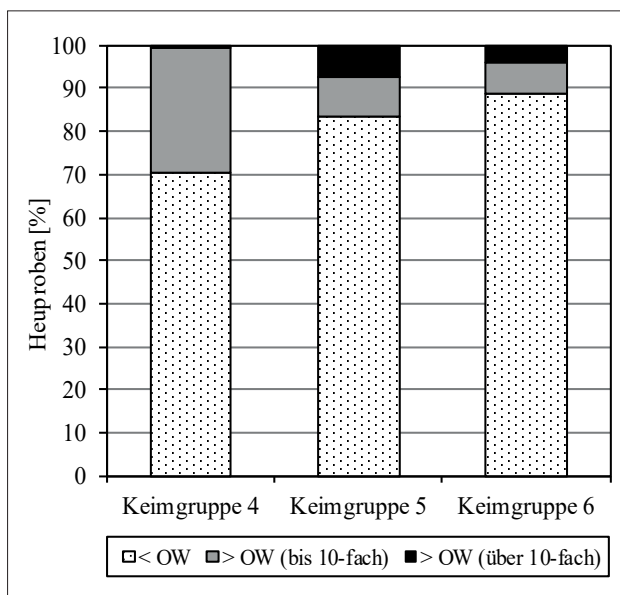


Abbildung 6: Pilz-Keimgruppen im Heu nach VDLUFA (2007b) und deren relative Häufigkeiten in Bezug auf Orientierungswerte (584 Proben aus LK-Heuprojekt 2018)

Tabelle 5: Mittlere Keimzahlen und Standardabweichungen von Feld- und Lagerpilzen in Heuproben aus Österreich in Bezug auf die VDLUFA-Keimgruppen (LK-Heuprojekt 2018)

VDLUFA-Orientierungswert (OW)	Zuordnung	Keimgruppe (KG)	< OW			> OW (bis 10-fach)			> OW (über 10-fach)		
			Median	Std. abw.	% Proben	Median	Std. abw.	% Proben	Median	Std. abw.	% Proben
OW für KG 4	4	88.000	62.762	70,4	300.000	254.573	29,1	2.860.000	6.771.462	0,5	
	5	0	1.563.726		0	2.770.147		450.000	520.481		
	6	0	119.713		0	35.002		220.000	155.349		
OW für KG 5	4	127.500	155.263		162.500	1.942.529		240.000	533.027		
	5	0	16.672	83,2	265.500	240.084	9,4	2.813.000	6.007.118	7,4	
	6	0	3.230		0	99.689		0	346.154		
OW für KG 6	4	130.000	210.195		180.000	180.592		150.000	2.903.475		
	5	0	1.694.587		13.200	289.552		1.145.000	5.549.004		
	6	0	728	88,5	12.000	11.523	7,4	140.000	429.737	4,1	

anwachsen und die Keimzahlen auf dem Nährboden wesentlich geringer sind als bei sporenbildenden Pilzen. Der Orientierungswert für *Mucorales* liegt deswegen bei 5.000 KBE/g FM, um diesem Umstand Rechnung zu tragen.

Zur allgemeinen Situation der Verpilzung von Heuproben aus dem Jahr 2018 kann für Österreich festgestellt werden, dass rund 91 % der vorliegenden Keimzahlen die VDLUFA-Orientierungswerte in den Keimgruppen 4, 5 und 6 um weniger als das 10-fach überschritten (Abbildung 6). Nach VDLUFA (2007b) sind Heupartien für die Verfütterung an Rinder der ersten Qualität zuzuordnen, wenn die Keimzahlen (KBE) die jeweiligen Orientierungswerte (Tabelle 3) bis zum 10-fachen übertreffen. Eine Zuordnung zur zweiten Qualität erfolgt im Fall, wenn die Keimzahl der verderbanzeigenden Pilze aus den Keimgruppen 5 und/oder 6 den VDLUFA-Orientierungswert um mehr als das 10-fache übersteigt. Für Rinder ist die zweite Qualität als gesundheitlich unbedenklich einzustufen. Dennoch sind Heuproben der zweiten Qualität nicht mehr für den Verkauf zulässig, weil sie laut Futtermittelrecht automatisch als verdorben deklariert werden müssen.

Für eine Bewertung der mittleren Keimzahlen der Feld- und Lagerpilzflora ist es erforderlich den Median als statistische Bezugsgröße zu wählen und nicht den arithmetischen Mittelwert. Aufgrund der extremen Differenzen würde der arithmetische Mittelwert die durchschnittliche Situation aufgrund teilweise sehr hoher Extremwerte verzerren. Tabelle 5 bietet neben Abbildung 6 einen allgemeinen Überblick zur mikrobiologischen Situation der Heuproben aus dem LK-Heuprojekt 2018 in Österreich.

Unter der Bedingung, dass die Keimgruppe 4 geringere Keimzahlen als der VDLUFA-Orientierungswert aufwies (< OW) zeigte sich, dass ~70 % der untersuchten Heuproben in diese Kategorie fielen und eine mittlere Keimzahl von 88.000 KBE/g FM in der Feldpilzflora (KG 4) aufwiesen. Diese Proben enthielten im Durchschnitt keine sporenbildenden Lagerpilze (KG 5 und KG 6). Ordnet man die Proben nach den VDLUFA-Orientierungswerten für die Keimgruppe 5 zu, dann fielen ~83 % der untersuchten Proben in diese Kategorie. Die mittlere Keimzahl für Keimgruppe 5 betrug 0, jene der Keimgruppe 4 lag bei 127.500 KBE/g FM. Dieses Prinzip kann entsprechend auf Bereiche mit Keimzahlen oberhalb der Orientierungswerte umgelegt werden (Tabelle 5), um die Keimzahlverhältnisse in der Praxis zu erklären.

In der Auswertung wurden Beziehungen zwischen Parametern aus der chemischen Analyse und der Verpilzung von Heuproben untersucht. Nach STRAUß und SCHOCH (2003) kann fehlerhaftes Management wie Schnitzeitpunkt, Mahd bei zu geringer Schnitthöhe, Pressdichte bei Ballen etc. zu einer Beeinträchtigung der mikrobiologischen Qualität des Erntegutes führen. Mit dem Erntetermin kann nach GRUBER et al. (2018) eine Beziehung zu den Gerüstsubstanzen hergestellt werden. Der NDF-Gehalt, als Summe von Hemizellulose-, Zellulose- und Ligningehalt, zeigte hinsichtlich einer Beziehung zu den VDLUFA-Keimgruppen 4 bis 6 gewisse Tendenzen (Abbildung 7). Der Anteil an sporenbildenden Pilze mit sehr hohen Keimzahlen (KG 5 > 1 Mio. KBE/g FM) stieg mit zunehmendem NDF-Gehalt.

Der Eisengehalt als aussagekräftiger Parameter zur Einstufung des Grades der Futtermittelverschmutzung mit Erde (RESCH et al. 2013) zeigte in der Auswertung, dass dessen Zunahme tendenziell einen erhöhenden Effekt auf die Keimzahlen in den Keimgruppen 4 und 5 bewirkte (Abbildung 8). Wir konnten insbesondere bei Heuproben mit sehr hohen Keimzahlen bei den verderbanzeigenden Sporenbildnern (KG 5 > 1 Mio. KBE/g FM) feststellen, dass diese häufig überhöhte Eisengehalte über 1.000 mg/kg TM und damit eine deutliche Futtermittelverschmutzung aufwiesen. Der Hygienestatus kann die OM-Verdaulichkeit und in der Folge die Futterenergie von Heu maßgeblich beeinträchtigen. Untersuchungen der Gumpensteiner Heuprojektproben aus den Jahren 2010 bis 2012 (DaFNE-Projekt Nr. 2371) mit der in vitro-Methode nach TILLEY und TERRY (1963)

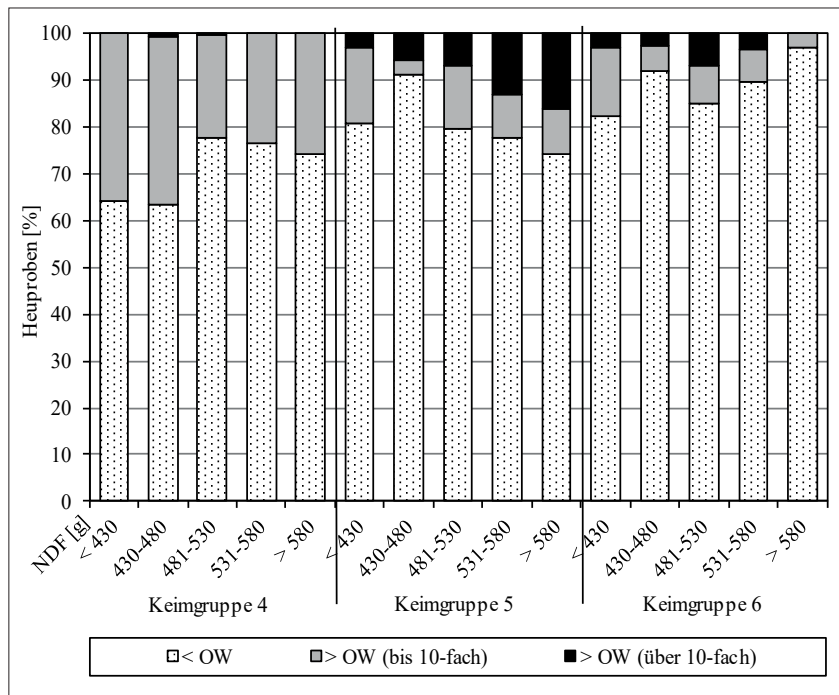


Abbildung 7: Einfluss des NDF-Gehaltes auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLUFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekt 2018)

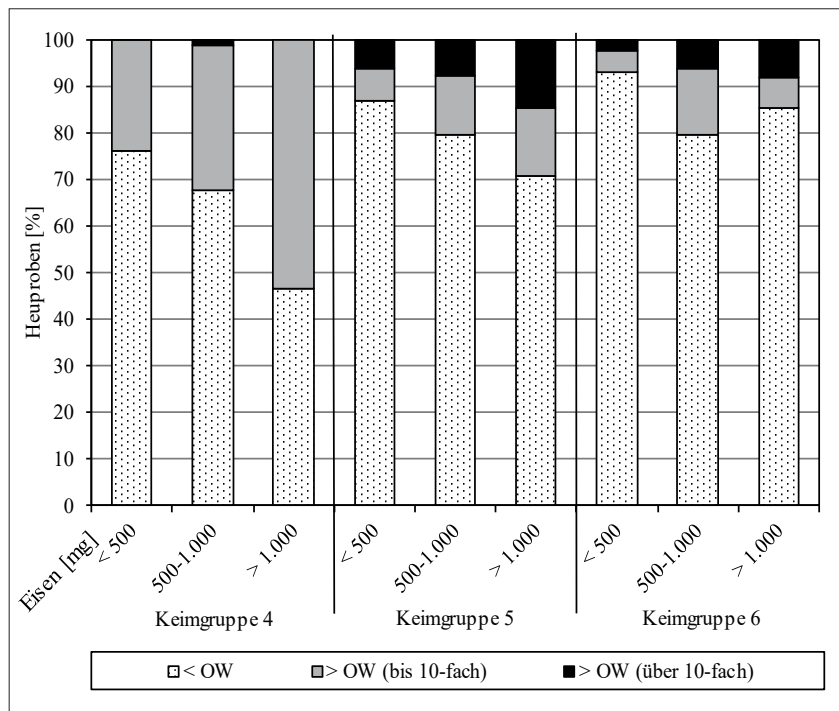


Abbildung 8: Einfluss des Eisengehaltes auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLUFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekt 2018)

zeigten, dass die OM-Verdaulichkeit durch sporenbildende Schimmelpilze der Keimgruppe 5 negativ beeinflusst wurde (RESCH et al. 2014a). Demnach hat die Reduktion der Keimzahlen von Lagerpilzen grundsätzlich eine positive Auswirkung auf die Raufutterqualität und somit auch auf die tierische Leistung. Die Heuproben aus dem LK-Heuprojekt 2018 werden noch auf die in vitro-Verdaulichkeit analysiert, um die Effektgröße der Verpilzung auf die Verdaulichkeit

auch für Heu von österreichischen Praxisbetrieben besser einstufen zu können.

3.4 Management und Umwelt vs. Heuqualität

Die Heuproduktion wird in Österreich auf sehr unterschiedliche Art und Weise durchgeführt, das zeigt die Auswertung des Projekt-Fragebogens (Anhang). Die Häufigkeitsstatistik dokumentiert, dass 96 % der Proben von ÖPUL-Betrieben eingesendet wurden (Tabelle 6) und 66 % an der Maßnahme Siloverzicht teilnahmen. Die Uhrzeit bei der Mahd wurde von über 80 % der Einsender so gewählt, dass der Bestand bei der Mahd abgetrocknet war. Bei der Mähtechnik setzten ~25 % einen Mähauflbereiter ein. Die Empfehlung der Schnitthöheneinstellung wurde den Angaben zufolge von 97,5 % der Praktiker eingehalten. Der Großteil der

Futterpartien wurde zwei bis dreimal gezettet. Rund 84 % der Betriebe verfügten über eine Heubelüftung, davon 58 % mit einer Luftanwärmung. Das am meisten verbreitete Belüftungssystem ist die Boxenbelüftung mit einem Bodenrost. Die Rundballenbelüftung nahm einen Anteil von ~12 % ein.

Die Energie für die Luftanwärmung kam bei 33 % der Anlagen ausschließlich über eine Dachabsaugung, die übrigen Anlagen wurden über einen Luftentfeuchter bzw. Ofen (Holz, Öl) und sonstige Techniken (Abwärme etc.) unterstützt. Bei 85 % der Heupartien blieb die effektive Belüftungsdauer laut den Angaben der Landwirte unter 72 Stunden, wobei ~70 % die Belüftung zeitweilig durch eine Intervalltrocknung unterbrochen. Rund 60 % der belüfteten Heupartien wurden aus der Trocknungsbox auf ein Heulager umgeschichtet. Rundballen wurden großteils mittelmäßig bis locker gepresst und fast ausschließlich unter Dach gelagert.

Tabelle 6: Prozentuelle Verteilung der Kategorien von Managementfaktoren (LK-Heuprojekte 2007 bis 2018)

Parameter	Kategorie bzw. Verfahren und deren Häufigkeit in %					
	1	2	3	4	5	6
Wirtschaftsweise	Bio 57,8	UBAG 24,2	UBAG + Verz. 13,7	ohne ÖPUL 4,3		
Siloverzicht (HKT)	ja 66,2	nein 33,8				
Schnitthäufigkeit	1 x 0,7	2 x 8,1	3 x 30,7	4 x 43,7	5 x 16,5	6 x 0,2
Mähzeitpunkt	Morgen 6,7	Vormittag 33,3	Mittag 25,6	Nachmittag 19,7	Abend 14,7	
Bestand bei der Mahd	nass 1,1	feucht 17,2	trocken 81,7			
Mähgeräte	Trommel 11,6	Scheiben 47,7	Messerbalken 14,9	Aufbereiter 25,6	Sonstige 0,2	
Schnitthöhe	bis 5 cm 2,5	5–7 cm 72,5	über 7 cm 24,9			
Zett- bzw. Wendehäufigkeit	ohne 0,0	1 x 17,2	2 x 40,2	3 x 33,0	> 3 x 9,6	
Nachtschwad	nein 93,6	ja 6,4				
Feldphase	bis 24 h 11,1	24–36 h 54,4	36–48 h 22,3	48–72 h 10,9	> 72 h 1,3	
Erntegerät	Ladew. 85,3	Presse fix 4,6	Presse var. 8,8	händisch 1,3	Sonstige 0,0	
Trocknungsverfahren	Bodentrockn. 15,6	Gerüsttrockn. 0,6	Kaltbelüftung 25,6	Warmbelüftung 58,2		
Bauart der Belüftung	Bodenrost 82,5	Ziehlüfter 5,4	Ballentrockn. 11,6	Sonstige 0,5		
Energie für die Warmbelüftung	Solar 33,2	Luftentfeuchter 35,7	Hackschnitzel 14,3	Ölfeuerung 10,1	Sonstige 6,6	
Dauer der Belüftung	bis 12 h 3,3	12–24 h 12,3	24–48 h 35,3	48–72 h 33,5	72–96 h 12,0	über 96 h 3,6
Intervalltrocknung	nein 30,7	ja 69,3				
Umschichtung	nein 44,1	ja 55,9				
Pressdichte bei Heuballen	locker 31,0	mittelmäßig 53,4	fest 15,5			
Lagerung von Heuballen	unter Dach 98,4	im Freien1 1,6	im Freien2 0,0	Sonstige 0		

Tabelle 7: Effekte von Einflussfaktoren auf Inhaltsstoffe und Nettoenergie von Heu in Österreich (LK-Heuprojekte 2007 bis 2018)

Parameter	Rohprotein (XP)			NDF			Rohasche (XA)			Nettoenergie (NEL)		
	1.	2.	3. +	1.	2.	3. +	1.	2.	3. +	1.	2.	3. +
Mittelwert	113,8	136,3	158,8	543,2	490,4	472,9	86,4	101,9	116,1	5,47	5,48	5,64
Standardfehler	4,9	5,0	6,5	18,2	16,8	19,2	4,7	6,4	7,9	0,1	0,06	0,08
Kategorische Variablen	P-Werte											
Jahr	0,00	0,01	0,00	0,40	0,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,08	0,32
Bundesland	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Hangneigung	0,03	0,04	0,09	0,15	0,39	0,94	0,64	0,03	0,07	0,16	0,03	0,32
Regen	0,47	0,03	0,74	0,10	0,80	0,44	0,57	0,14	0,36	0,21	0,98	0,65
Managementfaktoren												
Wirtschaftsweise	0,55	0,19	0,02	0,73	0,62	0,11	0,01	0,06	0,58	0,67	0,59	0,18
HKT (Siloverzicht)	0,15	0,37	0,40	0,73	0,59	0,03	0,06	0,30	0,73	0,05	0,00	0,00
Bestandesfeuchte	0,68	0,66	0,06	0,60	0,27	0,58	0,27	0,03	0,02	0,89	0,55	0,31
Mähzeitpunkt	0,26	0,28	0,00	0,25	0,04	0,37	0,16	0,45	0,89	0,03	0,93	0,01
Mähgerät	0,00	0,62	0,87	0,09	0,17	0,10	0,23	0,36	0,31	0,20	0,40	0,65
Schmitzhöhe	0,71	0,57	0,31	0,31	0,52	0,97	0,01	0,00	0,00	0,78	0,26	0,74
Zetthäufigkeit	0,55	0,98	0,14	0,41	0,85	0,15	0,76	0,00	0,04	0,94	0,95	0,14
Nachtschwad	0,06	0,29	0,02	0,49	0,87	0,58	0,11	0,18	0,24	0,42	0,09	0,12
Dauer der Feldphase	0,31	0,30	0,73	0,12	0,67	0,24	0,56	0,32	0,15	0,00	0,55	0,71
Erntegerät	0,17	0,00	0,83	0,93	0,71	0,02	0,67	0,01	0,03	0,25	0,04	0,24
Trocknungsverfahren	0,00	0,13	0,08	0,00	0,93	0,05	0,43	0,40	0,35	0,00	0,11	0,68
Regressionsvariablen												
Seehöhe	0,00	0,70	0,01	0,06	0,24	0,00	0,02	0,05	0,85	0,00	0,00	0,00
Erntedatum	0,00			0,96			0,02			0,00		
Rohaschegehalt	0,00	0,01	0,62	0,00	0,00	0,00				0,00	0,00	0,00
Regressionsvariablen	Mittelwerte											
Seehöhe [m über N.N.]	883	860	701	836	867	724	883	860	701	877	858	701
Erntedatum	3.6.			27.5.			3.6.			2.6.		
Rohaschegehalt [g/kg TM]	88	104	110	87	100	110	88	104	110	88	103	111
Regressionskoeffizienten												
Seehöhe (für 100 m)	1,3	0,1	1,9	-2,9	-1,7	-8,8	0,8	0,9	-0,2	0,02	0,02	0,05
Rohaschegehalt (für 1 g)	0,24	0,08	0,02	-1,10	-0,68	-0,66		0,00	-0,01	-0,01		
Statistische Kennzahlen												
R ²	42,5	25,6	25,1	53,7	57,9	59,6	21,4	31,1	33,7	47,0	38,4	40,9
Anzahl Proben	791	640	361	248	192	167	791	639	361	766	635	359

P-Werte bei 95 % Konfidenzniveau: < 0,01 = hoch signifikant, < 0,05 signifikant

Für wichtige Qualitätsparameter von Heu und Grummet können anhand *Tabelle 7* praxisrelevante Zusammenhänge mit dem Management abgeleitet werden. Unter Einbeziehung der relevanten Umwelt- und Managementfaktoren konnten je nach Parameter zwischen 21 bis 60 % (R²) der Datenstreuung mit der GLM-Analyse erklärt werden. Das bedeutet, dass im ungünstigsten Fall nur rund ein Viertel und im besten Fall zwei Drittel der Datenvarianz des jeweiligen Qualitätsparameters durch die statistische Analyse aufgeklärt werden können.

Alle untersuchten Umweltfaktoren (Jahr, Bundesland, Hangneigung, Regen, Seehöhe) hatten mindestens einmal eine signifikante Wirkung mit P-Werten kleiner 0,05, d.h., dass sich zumindest zwei Kategorien des jeweiligen Faktors signifikant voneinander unterscheiden. In der Schweiz konnte von BOESSINGER und PYTHON (2012) ebenfalls ein signifikanter Jahreseffekt auf Inhaltsstoffe von belüftetem Dürrfutter nachgewiesen werden. Heu von Steillagen über 30 % Hangneigung wies signifikant niedrigere Rohprotein- und Zuckergehalte auf als das Futter von flachen Lagen.

In den Managementfaktoren zeichnete sich nur in der Frage Nachtschwad keine signifikante Wirkung ab, ansonsten waren im Zuge der Heuernte von der Mahd bis zur Heubelüftung mehr oder weniger signifikante Effekte auf chemische Parameter zu beobachten. Der Feuchtezustand

des Pflanzenbestandes bei der Futterernte hatte einen Einfluss auf den Rohaschegehalt. Je feuchter der Bestand bei der Mahd war, desto höher war der Aschegehalt im Heu. Der Effekt war beim 2. und den Folgeaufwüchsen stärker ausgeprägt (Anhang). Je geringer die Schmitzhöhe bei der Mahd war, umso höher waren der Asche- bzw. der Eisengehalt im Heu. Bei der Wahl des Erntegerätes stellten sich die Rundballenpressen gegenüber dem Ladewagen als etwas ungünstiger heraus. Grund dafür waren geringere Rohprotein- und Zuckergehalte sowie höhere Eisengehalte im Rundballenheu.

Der Effekt des Managements auf die Verpilzung von Heu konnte im LK-Heuprojekt 2018 erstmals in Österreich ausgewertet werden. In den folgenden Ausführungen werden Tendenzen in der Feld- bzw. Lagerpilzflora besprochen, welche sich bei einigen Umwelt- und Managementfaktoren abzeichneten. Die Seehöhe der Grünlandflächen, von der die Heuproben stammten, hatte einen tendenziellen Einfluss auf die Keimzahlen der Pilzflora (*Abbildung 9*). Mit zunehmender Seehöhe nahm der Anteil an Heuproben mit höheren Keimzahlen sowohl bei produkttypischen (KG 4) als auch bei verderbanzeigenden Pilzen (KG 5 und 6) zu.

Beim 1. Aufwuchs im Frühjahr konnten tendenziell höhere Keimzahlen in der Lagerflora (KG 5 und 6) bzw. niedrigere in der Feldflora (KG 4) beobachtet werden. Im Sommer

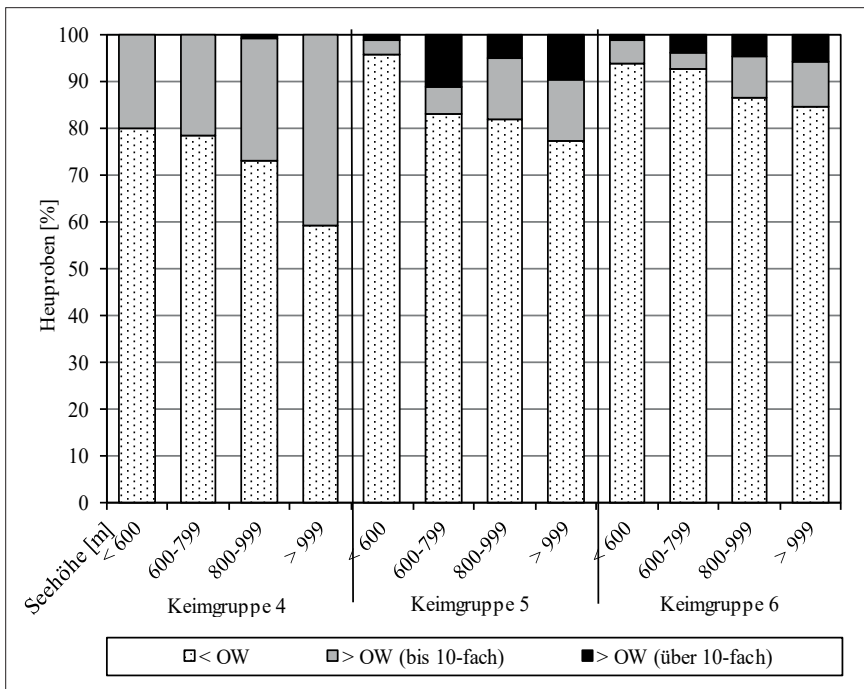


Abbildung 9: Einfluss der Seehöhe auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLUFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekt 2018)

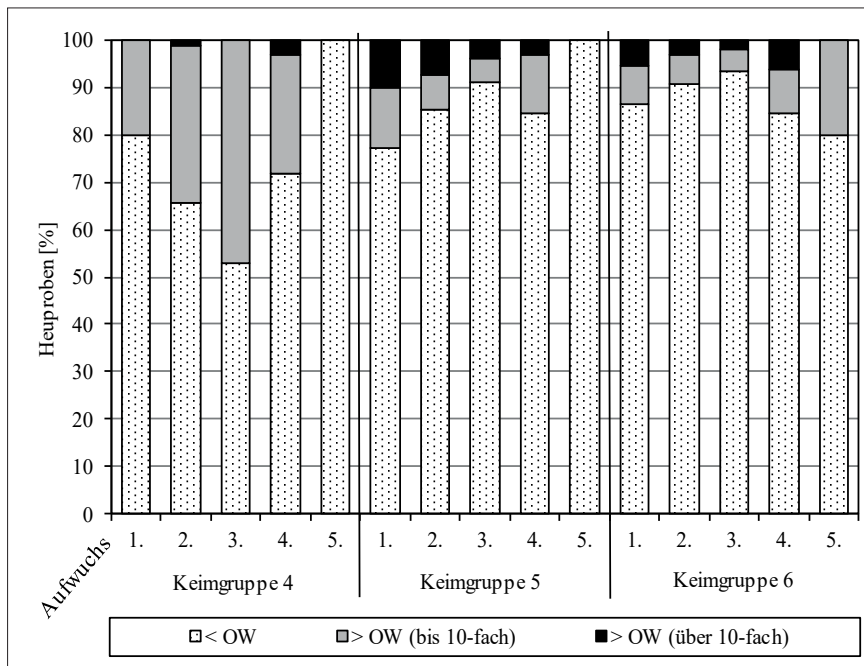


Abbildung 10: Einfluss des Aufwuchses auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLUFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekt 2018)

veränderte sich diese Tendenz hin zu höheren Keimzahlen in KG 4 und geringeren Werten in der Lagerflora des 2. bzw. 3. Aufwuchses (Abbildung 10). Diese Trends bestätigen die Aussage, dass die Heutrocknung im Frühjahr und Spätsommer schwieriger ist als im Hochsommer (ADLER et al. 2014, WIRLEITNER et al. 2014).

Bei der Heuernte wurden je nach Ausmaß der Trocknungsbox und der Futtermenge entsprechende Heustockhöhen erreicht. Im LK-Heuprojekt 2018 betrug die maximale Heustockhöhe 9 Meter. Ein tendenzieller Einfluss der

Stockhöhe auf die Verpilzung zeigte sich in der Form, dass mit Zunahme der Stockhöhe die Keimzahlen in den Keimgruppen 4 bis 6 auch zunahm (Abbildung 11).

3.5 Qualitätseffekte der Heubelüftung

In der Bewertung der Trocknungsverfahren brachten in qualitativer Hinsicht vor allem die Warmbelüftungssysteme signifikante Verbesserungen im Bereich Protein-, Gerüstsubstanz- und Zuckergehalte sowie bei der Futtermerschmutzung (Rohasche- bzw. Eisengehalt). Das Bodentrocknungsverfahren ohne Belüftung erwies sich insbesondere beim 1. Aufwuchs als das ungünstigste Konservierungsverfahren für Heu (Tabelle 8).

Die effektive Belüftungsdauer war im 2. Aufwuchs (59 h) um durchschnittlich 5 bis 6 Stunden kürzer als im 1. Aufwuchs (64 h) bzw. im 3. Aufwuchs (65 h). Die Belüftungsdauer wurde auch deutlich von der Futterstruktur beeinflusst. Stängelreicheres Heu mit höheren NDF-Gehalten und weniger Rohprotein erforderte deutliche weniger Zeit für die Trocknung als blattreiches Heu mit geringeren NDF-Gehalten. Optimal wäre Heu mit guten Proteingehalten und kurzer Belüftungsdauer. Kritisch ist Raufutter mit geringer Qualität und langer Belüftungsdauer, weil die Energieeffizienz sehr ungünstig ist und die Kosten je Qualitätseinheit steigen. Die Schütthöhe hatte in der Praxis nur einen zufälligen Effekt hinsichtlich Belüftungsdauer.

Im Durchschnitt konnte in der von den Landwirten angegebenen effektiven Belüftungsdauer zwischen Kalt- und Warmbelüftung kein Unterschied festgestellt werden, beide benötigten ~62 Stunden. Eine differenzierte Untersuchung der Warmbelüftungssysteme ergab, dass im Mittel mit einer Dachabsaugung ~66 Stunden, mit

Luftentfeuchtung 60 Stunden, mit Holzofen 57 Stunden und mit Ölofen 50 Stunden belüftet wurde. Heuballen wurden im Durchschnitt 40 Stunden lang belüftet.

Nach WIRLEITNER et al. (2014) ist eine optimale Abstimmung der Belüftungstechnik (Lüfterleistung, Entfeuchter, etc.) auf die betrieblichen Anforderungen und die Einhaltung der Belüftungsregeln für eine energieeffiziente Trocknung essentiell.

Das Trocknungsverfahren hatte in punkto Verpilzung auf die untersuchten Heuproben nur in gewissen Keimgruppen

einen tendenziellen Einfluss. Wir konnten zwischen Heubelüftungstrocknung und Bodentrocknung ohne Belüftung keinen Unterschied in der Feldpilzflora (KG 4) und bei

den *Mucorales* (KG 6) feststellen. Allerdings zeigte sich bei den sporenbildenden Lagerpilzen (KG 5), dass bei Bodentrocknung deutlich mehr Proben mit hohen bis sehr

hohen Keimgehalten auftraten (*Abbildung 12*). Mit der Kaltbelüftung ging der Anteil hoher Keimgehalte schon deutlich zurück und mit Hilfe der Warmbelüftung konnten die Keimzahlen von KG 5 im Trend nochmal reduziert werden.

Die effektive Belüftungsdauer wurde im LK-Heuprojekt 2018 abgefragt und auch hinsichtlich Auswirkung auf die Heuverpilzung ausgewertet. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass sich in den VDLUFA-Keimgruppen 4 bis 6 mit zunehmender Belüftungsdauer die Anzahl der Proben mit höheren Keimzahlen erhöhte (*Abbildung 13*). Der Anteil an sporenbildenden Pilzen (KG 5 > 1 Mio. KBE/g FM, KG 6 > 50.000 KBE/g FM) stieg insbesondere ab einer Belüftungsdauer über 72 Stunden deutlich an.

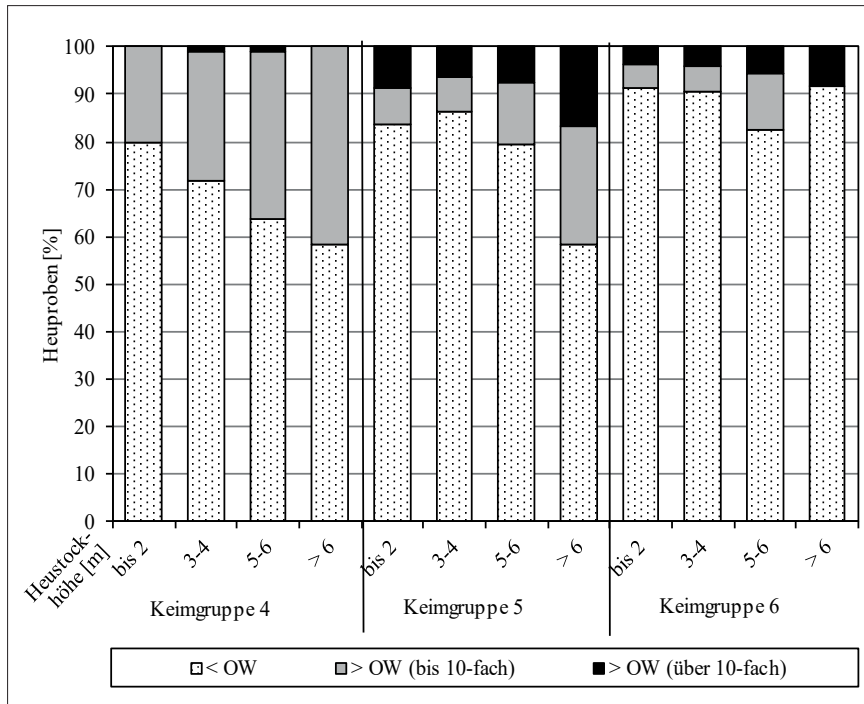


Abbildung 11: Einfluss der Höhe des Heustocks auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLUFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekt 2018)

Tabelle 8: Qualitätsvergleich zwischen verschiedenen Heutrocknungsverfahren anhand von Mittelwerten in den einzelnen Aufwüchsen (LK-Heuprojekte 2010 bis 2018)

Parameter	Einheit	Aufwuchs	Bodentrocknung (ohne Belüftung)	Kaltbelüftung	Solar (Dachabsaugung)	Luftentfeuchter/ Wärmepumpe	Holzofen (Hackschnitzel, Pellets)	Ölfeuerung	Sonstige
Anzahl Proben		1.	303	445	347	128	89	67	25
		2.	281	312	270	93	71	40	18
		3.+	78	128	203	101	51	22	15
Rohprotein	g/kg TM	1.	96	106	116	121	115	127	114
		2.	127	130	138	136	133	141	137
		3.+	142	147	158	160	152	164	147
NDF	g/kg TM	1.	580	523	507	508	515	491	504
		2.	508	480	477	485	482	468	492
		3.+	475	467	458	455	449	436	452
Rohasche	g/kg TM	1.	80	87	88	86	90	89	90
		2.	98	106	102	99	106	105	102
		3.+	98	108	109	104	108	120	97
Eisen	mg/kg TM	1.	529	539	537	477	548	562	784
		2.	692	619	612	611	684	627	812
		3.+	663	811	698	619	608	668	684
Zucker	g/kg TM	1.	118	128	138	140	143	142	130
		2.	110	115	125	121	124	118	121
		3.+	109	113	117	120	126	119	128
NEL	MJ/kg TM	1.	5,35	5,58	5,83	5,88	5,75	5,92	5,78
		2.	5,43	5,51	5,64	5,60	5,51	5,65	5,56
		3.+	5,60	5,67	5,74	5,80	5,78	5,74	5,79
Phosphor	g/kg TM	1.	2,0	2,3	2,6	2,6	2,5	2,7	2,5
		2.	2,7	2,8	3,0	2,9	2,9	3,0	3,2
		3.+	3,0	3,1	3,3	3,1	3,2	3,0	3,1

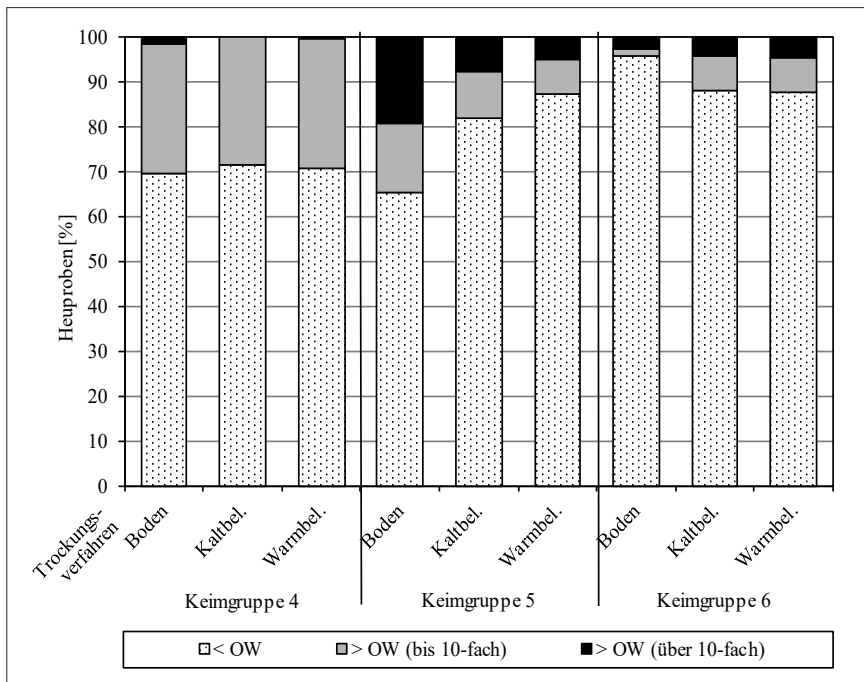


Abbildung 12: Einfluss des Trocknungsverfahrens auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLUFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekt 2018)

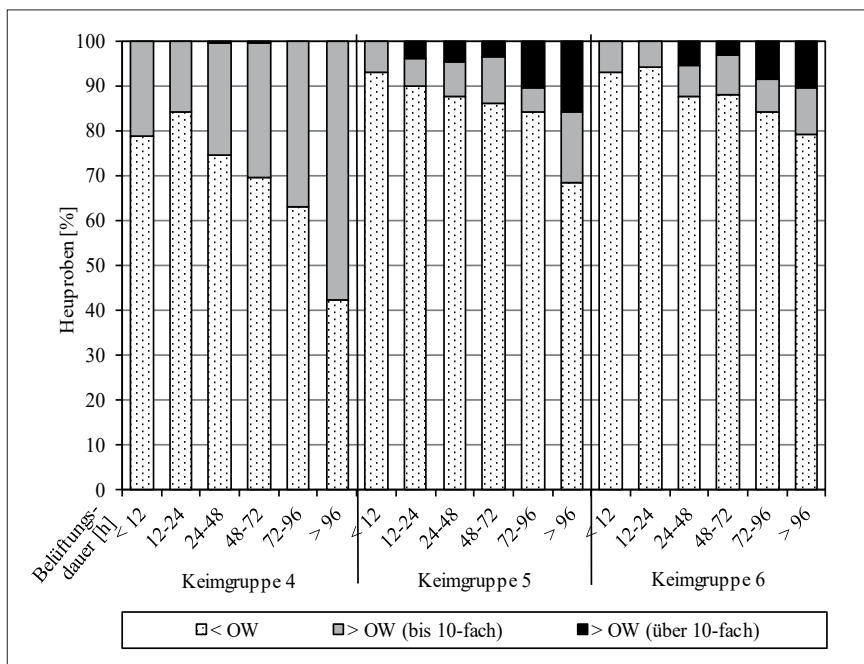


Abbildung 13: Einfluss der effektiven Belüftungsdauer in Stunden auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLUFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekt 2018)

3.6 Auffälligkeiten bei stark verpilzten Heuproben

Aus den mikrobiologischen Auswertungen von ~600 Heuproben von Praxisbetrieben wurden für die Landwirte, Beratung, Lehre und Forschung einige Tendenzen herausgearbeitet, welche das Bewusstsein hinsichtlich Futterhygiene verbessern können. Nachdem insbesondere Heupartien mit hohen Keimzahlen (> 10-fach über VDLUFA-Orientierungswert) an verderbanzeigenden Lagerpilzen der Keimgruppen

5 und 6 eine Belastung für Nutztiere und Mensch darstellen können, werden nachstehend markante Auffälligkeiten derartiger Heuproben besprochen.

Keimgruppe 4: > 10-fach über OW
Hohe Keimzahlen an Feldflora (KG 4 > 2 Mio. KBE/g FM) waren nur in 3 Fällen zu verzeichnen. Diese Anzahl ist für eine aussagekräftige Bewertung zu klein. Außerdem sind hohe Feldpilzkeimzahlen in diesem Bereich für Rinder nicht relevant.

Keimgruppe 5 und 6: > 10-fach über OW

Insgesamt fielen 23 Heuproben bzw. 4 % der Proben in diese Kategorie. Im Durchschnitt waren in diesen Proben 73 % der Pilze Sporenbildner der KG 5 (*Aspergillus glaucus*, *Wallemia sebi*, *Aspergillus fumigatus*) bzw. 10 % der KG 6 (*Mucorales*). Die Feldflora (KG 4) nahm mit durchschnittlich 17 % nur einen geringen Anteil an der Pilzkeimzahl ein. Diese Heuproben wurden im Schnitt auf größerer Seehöhe (960 m) produziert und stammten zu 50 % vom 1. Aufwuchs. Außerdem war ersichtlich, dass über 50 % dieser Proben erhöhte Eisengehalte aufwiesen und damit eine Futterverschmutzung mit Erde. Zwei Drittel der besagten Proben wurden mittels Warmbelüftung getrocknet, die meisten davon mit Dachabsaugung ohne zusätzliche Beheizung oder Entfeuchtung. Die durchschnittliche Belüftungsdauer betrug 67 Stunden.

Keimgruppe 5: > 10-fach über OW und Anteil *Wallemia sebi* > 50 %

In diese Kategorie fielen 23 Heuproben bzw. 4 % der Proben. Zwei Drittel dieser Heupartien wurden über die Bodentrocknung ohne Belüftung konserviert. Die belüfteten Heuproben stammten hier größtenteils von Rundballen. Über 50 % der Proben enthielten überhöhte Eisengehalte und damit eine erdige Verschmutzung.

Keimgruppe 6: > 10-fach über OW

In dieser Kategorie waren insgesamt 24 Proben bzw. 4 % der Proben vertreten. Alle betroffenen Heuproben lagen außerdem bei den Keimzahlen der Keimgruppe 5 über dem Orientierungswert. Im Durchschnitt enthielten diese Proben 5 Pilzarten, also deutlich mehr als Proben unterhalb des Orientierungswertes. Auffällig war, dass 87 % dieser Heupartien aus Warmbelüftungen stammten und die geräuterte

Fläche mit durchschnittlich 14,3 ha verhältnismäßig groß war. Die mittlere Schütthöhe von 4,1 m und die effektive Belüftungsdauer mit 70 Stunden waren ebenfalls über dem durchschnittlichen Niveau. Der Anteil an Proben mit erdiger Verschmutzung ($\text{Fe} > 500 \text{ mg/kg TM}$) betrug bei diesen Heuproben 70 %.

4. Fazit für die Praxis

Die Auseinandersetzung mit der Thematik Heuqualität bewirkte in der Praxis, dass die Heukonservierung heute mit steigender Professionalität durchgeführt wird. Mittlerweile verfügen 84 % der Projektteilnehmer über eine Heubelüftungsanlage, 58 % davon mit Luftanwärmung. Dieser Umstand ermöglichte offensichtlich die Ausnutzung von kürzeren Sonnenfenstern und dadurch eine um durchschnittlich 10 Tage frühere Ernte als mit der traditionellen Bodentrocknung. Erwartungsgemäß wirkte sich der frühere Schnitzeitpunkt positiv auf die Heuqualität aus.

Die Gerüstsubstanzeanalyse zeigte insbesondere im ADF- und Ligningehalt, dass viele Heupartien stängelreich bzw. blattarm waren und damit eine schlechtere Verdaulichkeit und Nettoenergie aufwiesen. Die Eisenuntersuchung brachte hervor, dass die Erdverschmutzung bei 15 % ein Problem und bei weiteren 30 % der Heuproben ein Thema ist, wo noch Qualitätspotential von den Landwirten zu holen wäre.

In der Bewertung der Futterhygiene fiel auf, dass 91 % der untersuchten Heuproben in die erste Qualitätsstufe fielen und damit unbedenklich waren. Speziell bei Heuproben mit folgenden Eigenschaften traten höhere Keimzahlen bei verderbanzeigenden Lagerpilzen auf: 1. Aufwuchs, höhere Lagen, höhere Stängelanteile, Futterverschmutzung, Bodentrocknung, höhere Schütthöhe am Heustock sowie Belüftungsdauer ab ca. 72 Stunden.

5. Danksagung

Von 2007 bis 2018 wurden bisher fünf bundesweite LK-Heuprojekte in einer effizienten Zusammenarbeit von Heubauern, Beratungsdienst der Landwirtschaftskammern (LK-Fütterungsreferenten, Arbeitskreise Milchproduktion, Fütterungsberatung), Futtermittellabor Rosenau der LK Niederösterreich, Maschinenring Tirol, LKV Salzburg, ARGE Heumilch Österreich unter Koordination der HBLFA Raumberg-Gumpenstein erfolgreich durchgeführt, um die aktuelle Situation der Raufutterqualität in Österreich untersuchen zu können. Ein besonderer Dank ergeht an dieser Stelle an Dipl.-Ing. Gerald Stögmüller und Ing. Thomas Kraushofer, welche für die Koordination der Analytik von 600 Heuproben im Labor Rosenau verantwortlich waren und den großen Aufwand der mikrobiologischen Untersuchungen meisterlich stemmten. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind eine wichtige Grundlage und Orientierungshilfe für alle Heumilchbauern, die Beratung und Lehre. Aus den erarbeiteten Erkenntnissen können Wege aufgezeigt werden, die eine Verbesserung der Heuqualität ermöglichen. Allen teilnehmenden Landwirten und den Projektmitarbeitern sei an dieser Stelle für ihr Engagement herzlich gedankt.

6. Literatur

ADLER, A., 2002: Qualität von Futtermitteln und mikrobielle Kontamination. 8. Alpenländisches Expertenforum, 9.-10. April 2002, BAL Gumpenstein, Irdning, 17-26.

- ADLER, A., P. KIROJE, E.V. REITER und R. RESCH, 2014: Einfluss unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Futterhygiene von Raufutter. 19. Alpenländisches Expertenforum, 3. April 2014, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 57-69.
- BOESSINGER, M. und P. PYTHON, 2012: Faktoren mit Einfluss auf die Nähr- und Mineralstoffgehalte von belüftetem Dürrfutter. *Agrarforschung Schweiz* 3(1), 36-43.
- DACCORD, R., Y. ARRIGO, B. JEANGROS, J. SCEHOVIC, F.X. SCHUBIGER und J. LEHMANN, 2001: Nährwert von Wiesenpflanzen: Gehalt an Zellwandbestandteilen. *Agrarforschung Schweiz* 8(4), 180-185.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: Futterwerttabellen für Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.
- 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/Main.
- GINDL, G., 2002: Zeitgemäße Heubereitung und Heuqualität in der Praxis. 8. Alpenländisches Expertenforum, 9.-10. April 2002, BAL Gumpenstein, Irdning, 67-72.
- GRUBER, L., A. STEINWIDDER, A., T. GUGGENBERGER und G. WIEDNER, 1997: Interpolation der Verdauungskoeffizienten von Grundfuttermitteln der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer, Aktualisiertes Arbeitspapier der ÖAG-Fachgruppe Fütterung über die Grundlagen zur Berechnung der Verdaulichkeit und des UDP-Gehaltes auf der Basis der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer, 7. Auflage, LFZ Raumberg-Gumpenstein.
- GRUBER, L., A. SCHAUER, J. HÄUSLER, A. ADELWÖHRER, M. URDL, K.-H. SÜDEKUM, F. WIELSCHER und R. JÄGER, 2011: Einfluss des Vegetationsstadiums von Wiesenfutter auf Verdaulichkeit, Futteraufnahme und Milcherzeugung. 38. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 13.-14. April 2011, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein Irdning, 43-66.
- GRUBER, L., R. RESCH und G. STÖGMÜLLER, 2018: Den Wert des Grundfutters an den Gerüstsubstanzen erkennen. ÖAG-Sonderbeilage Info 1/2018.
- KASPERSSON, A., R. HLÖDVERSSON, U. PALMGREN und S. LINDGREN, 1984: Microbial and biochemical changes occurring during deterioration of hay and preservative effect of urea. *Swedish Journal of Agricultural Research* 14, 127-132.
- REISS, J., 1986: Schimmelpilze. Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo, 230 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-Sonderbeilage Info 8/2006.
- RESCH, R., K. BUCHGRABER, E.M. PÖTSCH, L. GRUBER, T. GUGGENBERGER und G. WIEDNER, 2009: Mineralstoffe machen das Grund- und Kraftfutter wertvoll. ÖAG-Sonderbeilage Info 8/2009.
- RESCH, R., 2010: 1. Österreichische Heumeisterschaft, Abschlussbericht „Heuqualität“, Nr. 3534 (DaFNE 100383), LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 65 S.
- RESCH, R., 2011: Raufutterqualität auf österreichischen Betrieben, Abschlussbericht „Praxisheu“, Nr. 3583 (DaFNE 100683), LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 56 S.
- RESCH, R., 2013a: Einfluss des Managements auf die Raufutterqualität von Praxisbetrieben, Abschlussbericht „Top-Heu“, Nr. 3603 (DaFNE 100842), LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 25 S.
- RESCH, R., 2013b: 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, Irnding, 57-72.
- RESCH, R., G. WIEDNER, K. BUCHGRABER, J. KAUFMANN und E.M. PÖTSCH, 2013: Bedeutung des Eisengehaltes als Indikator für die Futtermittelverschmutzung von Grünlandfuttermitteln. ALVA-Jahrestagung 2013, 23.-24. Mai 2013, 86-88.
- RESCH, R., 2014: Auswirkungen unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Raufutterqualität. 19. Alpenländisches Expertenforum, 3. April 2014, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding, 45-53.
- RESCH, R., A. ADLER und E.M. PÖTSCH, 2014a: Impact of different drying techniques on hay quality. 16th International Symposium Forage Conservation, Brno, Mendel University Brno, 3-6. Juni 2014, 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. ÖAG-Sonderbeilage Info 5/2014.
- 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, 1.-2. Oktober 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding, 61-75.
- RESCH, R. und G. STÖGMÜLLER, 2017: Zellwandbestandteile im österreichischen Grundfutter. ALVA-Jahrestagung 2017, 22.-23. Mai 2017, 250-252.
- STÖGMÜLLER, G. und R. RESCH, 2017: Durch Futteruntersuchungen Potentiale in der Fütterung nutzen. ÖAG-Sonderbeilage Info 5/2017.
- STRAUB, G. und M. SCHOCH, 2003: Veränderung der mikrobiologischen Heu- und Strohqualität in Rheinland-Pfalz. 115. VDLUFA-Kongress, Kurzfassungen der Referate, 152-153.
- TILLEY, J.M.A. und R.A. TERRY, 1963: A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Grass and Forage Science 18(2), 104-111.
- UNDI, M., K. WITTENBERG und N. HOLLIDAY, 1997: Occurrence of fungal species in stored alfalfa forage as influenced by moisture content at baling and temperature during storage. Can. J. Anim. Sci. 77(1), 95-103.
- 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.
- 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-Sonderbeilage Info 4/2014.
- WITTENBERG, K.M., 1997: Microbial and nutritive changes in forage during harvest and storage as hay. Proceedings XVIII. International Grassland Congress, Canada 1997, 265-270.

7. ANHANG

Fragebogen LK-Heuprojekt 2018

Analysen-Nr.:

Betrieb: Betriebsnr.:

Straße:

PLZ: Ort:

Telefonnr.: E-Mail:

* Mehrfachnennung möglich

Teilnehmer Maßnahme Silageverzicht: ja (1) nein (2) Anteil Heu am Grundfutter in der Winterration % d. TMWirtschaftsweise: Bio (1) UBB (2) Verzicht (3) keine ÖPUL-Teilnahme (4)Standort: eben (1) hängig (bis 30 % Neigung) (2) steilhängig (über 30 % Neigung) (3) Seehöhe: _____ m über N.N.Futterzusammensetzung: Dauergrünland (1) Rotklee rein (bis 25 % Gras) (2) Luzerne rein (bis 25 % Gras) (3)
 Rotklee gras (> 25 % Gras) (4) Luzerne gras (> 25 % Gras) (5)

*Welcher Aufwuchs: _____ Aufwuchs (1) Wie oft wird jährlich genutzt (Mahd und Weide) _____ Anzahl Nutzungen

Erntedatum (Datum der Einfuhr): _____ abgeerntete Futterfläche: _____ ha

*Mähzeitpunkt: Morgen (1) Vormittag (2) Mittag (3) Nachmittag (4) Abend (5)Bestand bei Mahd: nass (1) feucht (2) trocken (3)*Mähgeräte: Trommelmäherwerk (1) Scheibenmäherwerk (2) Messerbalken (3) Mähauflieger (4)
 Sonstige (5) _____

Feldphase (Zeit vom Mähbeginn bis zum Räumen der Fläche):

 < 24 Std. (1) 24 bis 36 Std. (2) 36 bis 48 Std. (3) 48 bis 72 Std. (4) über 72 Std. (5)Regen über 5 mm: nein (1) ja (2)Schnitthöhe: unter 5 cm (1) 5 bis 7 cm (2) über 7 cm (3)Zett- und Wendehäufigkeit: einmal zetten (1) zweimal zetten (2) dreimal zetten (3) öfter als dreimal (4)Nachtschwad nein (1) ja (2)

Erntegerät:

 Ladewagen (1) Fixkammerpresse (2) Variable Presse (3) Händisch (4) Sonstiges (5) _____Art der Trocknung: Boden (ohne Belüftung) (1) Gerüst (2) Kaltbelüftung (3) Warmbelüftung (4)

Belüftung Bauart:

 Boxentrocknung für loses Heu (Bodenrost) (1) Ziehkanal/Ziehlüfter/Giebelrost (2) Ballentrocknung (3) Sonstige (4) _____

*Energie für Warmbelüftung

 Solar (Dachabsaugung) (1) Luftentfeuchtung/Wärmepumpe (2) Hackschnitzel (3) Ölfeuerung (4) Sonstige: _____ (5)

Dauer der Belüftung (effektive Trocknungszeit)

 unter 12 h (1) 12 bis 24 h (2) 24 bis 48 h (3) 48 bis 72 h (4) 72 bis 96 h (5) über 96 h (6)Intervalltrocknung (wird die Belüftung zwischendurch abgeschaltet) nein (1) ja (2)Heulager für diese Partie: Lagerfläche _____ m² Schütthöhe _____ m Lagerraum-Gesamtpotenzial _____ m³Heuumschichtung von der Belüftung auf ein anderes Lager (gilt nur für loses Heu): nein (1) ja (2)Heuballen-Pressdichte: locker (Hand kann stirnseitig leicht eindringen) (1) mittelmäßig (Hand kann schwer eindringen) (2) fest (3)Ballenlagerung: unter Dach (1) im Freien mit Abdeckung (2) im Freien ohne Abdeckung (3)Nährstoffe und Energie – Eigene Einstufung (Landwirt): sehr gut (1) gut (2) mäßig (3) schlecht (4)Schimmelbelastung – Eigene Einstufung (Landwirt): keine (1) gering (2) mäßig (3) stark (4)*Futtermaterial für: Milchkühe (1) Mutterkühe (2) Trockensteher (3) Jungtiere (4)
 Schafe, Ziegen (5) Pferde (6) Sonstige (7) _____

Milchleistung (Stalldurchschnitt): _____ kg/Tier und Laktation

Probenahme: Heustockbohrer (1) Siloprobenbohrer (2) händische Entnahme (3)

Anhang – Tabelle 1: Übersicht Grummetqualität Österreich 2. Aufwuchs (LK-Heuprojekte 2007 bis 2018)

Parameter	Einheit	2012	2015	2018	Mittelwert	Std.-abw.	Probenanzahl	Min.	Perzentile			Max.
									25	50	75	
Trockenmasse (TM)	g/kg FM	914	919	921	915	12,6	1.108	847	907	915	923	967
Rohprotein (XP)	g/kg TM	131	136	138	133	19,1	1.106	72	120	132	144	215
Nutzbares Protein (nXP)	g/kg TM	126	128	129	127	7,6	1.096	101	122	127	131	161
Ruminale N-Bilanz (RNB)	g/kg TM	0,7	1,4	1,5	1,0	2,2	1.097	-6	0	1	2	11
Strukturkohlenhydrate (NDF)	g/kg TM	456	485	478	484	46,2	365	353	458	483	512	711
Zellulose und Lignin (ADF)	g/kg TM	324	297	309	308	32,0	334	221	288	310	329	454
Lignin (ADL)	g/kg TM	62	48	47	49	9,8	334	28	43	48	54	86
Zucker (XZ)	g/kg TM	112	116	129	118	26,2	723	11	100	117	133	270
Rohfaser (XF)	g/kg TM	254	259	258	257	25,7	1.106	174	241	257	274	357
Rohfett (XL)	g/kg TM	32	30	31	32	3,7	1.074	16	29	32	34	42
Rohasche (XA)	g/kg TM	106	99	96	102	24,9	1.106	46	87	98	111	274
OM-Verdaulichkeit (dOM)	%	68,8	68,5	68,8	68,6	2,6	1.091	54,8	66,8	68,5	70,2	77,0
Umsetzbare Energie (ME)	MJ/kg TM	9,41	9,42	9,51	9,41	0,45	1.105	7,42	9,11	9,42	9,70	10,60
Nettoenergie (NEL)	MJ/kg TM	5,55	5,55	5,61	5,55	0,31	1.097	4,25	5,34	5,55	5,75	6,40
Kalzium (Ca)	g/kg TM	8,8	8,6	8,9	8,7	2,2	1.011	3,2	7,2	8,4	10,1	16,1
Phosphor (P)	g/kg TM	2,9	2,7	2,8	2,9	0,7	1.011	1,0	2,3	2,8	3,3	5,5
Magnesium (Mg)	g/kg TM	3,1	3,0	3,0	3,1	0,8	1.010	1,2	2,5	3,0	3,5	7,3
Kalium (K)	g/kg TM	22,5	23,5	23,9	23,2	5,3	1.010	2,2	19,5	23,1	26,7	40,6
Natrium (Na)	g/kg TM	0,38	0,28	0,31	0,33	0,30	1.010	0,11	0,20	0,27	0,38	6,48
Eisen (Fe)	mg/kg TM	812	683	583	648	650	279	84	248	436	844	5.451
Mangan (Mn)	mg/kg TM	97,7	115,2	102,3	103,1	53,6	279	5,4	64,8	92,4	131,2	404,8
Zink (Zn)	mg/kg TM	34,5	36,5	34,9	35,4	8,4	279	17,6	29,8	34,6	40,4	65,2
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	7,4	8,7	7,9	7,9	1,5	279	4,3	6,6	7,7	8,7	13,4

Anhang – Tabelle 2: Übersicht Raufutterqualität Österreich 3. Aufwuchs (LK-Heuprojekte 2007 bis 2018)

Parameter	Einheit	2012	2015	2018	Mittelwert	Std.-abw.	Probenanzahl	Min.	Perzentile			Max.
									25	50	75	
Trockenmasse (TM)	g/kg FM	915	918	923	916	11,1	435	870	909	918	924	946
Rohprotein (XP)	g/kg TM	152	161	156	155	19,4	435	93	142	155	168	237
Nutzbares Protein (nXP)	g/kg TM	134	136	134	134	7,1	435	114	130	134	139	159
Ruminale N-Bilanz (RNB)	g/kg TM	3,1	4,2	3,5	3,4	2,3	435	-4	2	3	5	13
Strukturkohlenhydrate (NDF)	g/kg TM	436	473	466	464	39,2	211	360	440	465	493	564
Zellulose und Lignin (ADF)	g/kg TM	322	282	299	297	29,2	212	220	273	296	317	397
Lignin (ADL)	g/kg TM	63	43	45	47	10,3	210	26	40	46	51	76
Zucker (XZ)	g/kg TM	107	115	121	114	21,9	364	37	102	114	127	205
Rohfaser (XF)	g/kg TM	234	243	248	241	25,0	435	174	225	240	258	359
Rohfett (XL)	g/kg TM	34	33	33	33	3,4	434	21	31	33	36	40
Rohasche (XA)	g/kg TM	116	104	100	107	24,4	435	60	91	103	117	241
OM-Verdaulichkeit (dOM)	%	70,8	70,0	69,6	70,2	2,7	430	54,6	68,4	70,3	71,9	80,0
Umsetzbare Energie (ME)	MJ/kg TM	9,67	9,69	9,65	9,66	0,44	435	7,58	9,41	9,67	9,98	11,19
Nettoenergie (NEL)	MJ/kg TM	5,74	5,73	5,70	5,72	0,31	435	4,26	5,54	5,72	5,93	6,84
Kalzium (Ca)	g/kg TM	9,0	9,1	8,8	8,9	1,9	388	3,8	7,5	8,7	10,1	17,5
Phosphor (P)	g/kg TM	3,3	3,2	3,1	3,2	0,6	388	1,8	2,7	3,2	3,7	5,5
Magnesium (Mg)	g/kg TM	3,1	3,2	3,1	3,1	0,7	388	1,7	2,6	3,1	3,6	6,7
Kalium (K)	g/kg TM	24,7	25,2	25,8	25,2	5,1	388	10,0	21,8	25,1	29,0	41,3
Natrium (Na)	g/kg TM	0,42	0,47	0,36	0,40	0,38	388	0,11	0,24	0,32	0,48	6,23
Eisen (Fe)	mg/kg TM	790	722	628	665	492	148	113	282	515	852	3.651
Mangan (Mn)	mg/kg TM	97,6	89,0	101,5	98,0	43,2	148	25,0	64,2	85,5	116,5	228,7
Zink (Zn)	mg/kg TM	34,3	37,9	35,5	35,9	6,2	148	4,3	33,1	36,1	40,1	54,8
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	7,3	10,0	8,8	8,9	1,5	148	4,3	8,5	8,7	9,8	12,8

Anhang – Tabelle 3: Übersicht Raufutterqualität Österreich 4. und Folgeaufwüchse (LK-Heuprojekte 2007 bis 2018)

Parameter	Einheit	2012	2015	2018	Mittelwert	Std.-abw.	Probenanzahl	Min.	Perzentile			Max.
									25	50	75	
Trockenmasse (TM)	g/kg FM	918	917	922	916	12,5	183	826	911	917	923	944
Rohprotein (XP)	g/kg TM	159	175	181	150	34,8	183	66	121	148	170	249
Nutzbares Protein (nXP)	g/kg TM	135	141	141	133	11,5	183	108	125	133	139	171
Ruminale N-Bilanz (RNB)	g/kg TM	3,8	5,5	6,4	2,6	3,9	183	-7	0	3	5	14
Strukturkohlenhydrate (NDF)	g/kg TM	398	460	446	449	47,3	62	331	424	442	470	548
Zellulose und Lignin (ADF)	g/kg TM	290	260	279	276	36,5	64	202	260	289	318	374
Lignin (ADL)	g/kg TM	59	40	41	43	10,0	62	27	40	46	62	72
Zucker (XZ)	g/kg TM	111	134	128	125	23,6	113	69	106	124	139	223
Rohfaser (XF)	g/kg TM	230	230	232	244	33,4	183	136	222	236	261	340
Rohfett (XL)	g/kg TM	34	34	33	32	4,0	183	20	30	33	35	44
Rohasche (XA)	g/kg TM	123	107	107	107	33,1	183	62	88	102	119	305
OM-Verdaulichkeit (dOM)	%	71,1	71,6	71,1	70,2	2,9	180	62,1	68,5	70,8	72,2	77,2
Umsetzbare Energie (ME)	MJ/kg TM	9,64	9,92	9,85	9,66	0,52	183	8,48	9,33	9,66	9,97	11,40
Nettoenergie (NEL)	MJ/kg TM	5,72	5,90	5,85	5,73	0,35	183	4,99	5,50	5,74	5,94	6,90
Kalzium (Ca)	g/kg TM	7,9	8,4	7,9	7,8	1,7	166	3,3	6,9	7,9	9,2	13,4
Phosphor (P)	g/kg TM	3,2	3,5	3,5	3,1	0,8	166	1,1	2,6	3,2	3,6	5,2
Magnesium (Mg)	g/kg TM	2,8	2,9	2,9	2,9	0,6	166	1,3	2,4	2,8	3,3	4,8
Kalium (K)	g/kg TM	25,9	27,3	27,8	24,7	5,6	166	13,2	20,1	24,3	27,6	35,9
Natrium (Na)	g/kg TM	0,48	1,02	0,49	0,49	0,71	166	0,11	0,26	0,34	0,47	7,14
Eisen (Fe)	mg/kg TM	1.103	433	808	838	737	57	107	363	667	1.010	3.824
Mangan (Mn)	mg/kg TM	104,2	80,5	104,6	105,7	43,0	57	28,3	67,5	102,9	134,3	236,6
Zink (Zn)	mg/kg TM	32,4	39,6	35,8	36,1	6,6	57	27,0	31,7	34,7	40,5	59,0
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	7,4	10,7	9,5	9,0	1,6	57	5,5	7,5	8,7	9,8	13,1

Anhang – Tabelle 4: Einfluss von signifikanten Umwelt- und Managementfaktoren auf Rohnährstoffe von Raufutter in Österreich (LK-Heuprojekte 2012 bis 2018)

Faktoren	Anzahl Proben			Rohprotein [g/kg TM]			Rohfaser [g/kg TM]			Rohfett [g/kg TM]			Rohasche [g/kg TM]		
	1.	2.	3.+	1.	2.	3.+	1.	2.	3.+	1.	2.	3.+	1.	2.	3.+
Mittelwerte	791	638	359	114	136	159	294	263	246	27	32	33	86	102	116
Jahr															
2007 bis 2010	188	160	42	110	135	149	296	261	246	28	34	34	86	104	118
2012	284	230	143	114	133	157	276	260	242	29	33	34	87	106	123
2015	118	112	54	112	137	162	311	266	248	24	31	32	90	100	112
2018	198	136	120	119	140	168	293	263	247	26	31	33	82	97	112
Bundesland															
Kärnten	33	35	9	110	135	152	302	276	248	26	32	34	80	93	121
Oberösterreich	19	20	13	108	130	158	298	267	246	26	31	33	80	95	107
Niederösterreich	11	5	8	120	134	172	302	253	228	26	35	35	83	115	109
Salzburg	147	136	142	111	134	158	289	265	248	26	31	32	86	96	113
Steiermark	64	38	12	113	139	153	298	270	269	26	33	32	86	98	111
Tirol	396	289	75	112	134	154	290	264	245	27	32	32	93	108	123
Vorarlberg	121	115	100	123	149	165	279	243	236	28	34	33	96	108	129
Hangneigung															
eben	236	194	121	116	135	162	292	264	244	27	32	33	87	100	112
bis 30 %	400	317	204	115	139	162	292	260	244	27	32	33	87	99	112
über 30 %	155	127	34	110	135	153	297	264	250	26	32	33	85	106	125
Regen															
nein	764	619	351	115	132	157	291	262	244	27	32	33	85	106	112
ja	27	19	8	113	141	160	297	263	248	26	33	33	87	98	120
Wirtschaftsweise															
Bio	366	307	184	113	133	156	294	262	239	27	33	33	82	97	114
UBAG	355	279	144	114	134	162	296	264	245	27	32	33	86	101	117
UBAG + Verzicht	56	38	20	111	134	148	293	266	249	26	32	31	90	105	121
ohne ÖPUL	14	14	11	118	144	169	293	259	249	27	33	35	87	105	112
Siloverzicht (HKT)															
ja	536	429	292	113	137	160	292	259	240	27	32	33	88	101	117
nein	255	209	67	115	136	157	296	266	252	27	32	33	85	103	115
Bestand bei der Mahd															
nass	18	22	10	116	134	163	294	266	244	26	33	34	91	111	132
feucht	276	216	115	112	137	160	294	262	245	27	32	33	85	97	109
trocken	497	400	234	113	138	153	294	260	249	27	32	32	84	97	108
Mähzeitpunkt															
Morgen	83	54	19	114	134	153	296	264	256	27	32	33	87	102	118
Vormittag	333	269	133	113	138	156	298	262	249	27	33	33	87	103	117
Mittag	172	133	102	116	138	166	292	262	241	27	32	34	88	104	117
Nachmittag	129	115	83	114	137	158	291	262	247	26	32	33	88	101	115
Abend	74	67	22	112	134	160	292	264	236	26	32	33	82	99	112
Mähgerät															
Trommel	116	76	33	109	135	160	297	264	247	26	32	33	87	105	113
Scheiben	418	377	211	114	137	160	293	261	243	27	33	33	85	102	119
Messerbalken	148	108	30	113	137	157	294	261	249	27	33	33	86	99	112
Mähauflbereiter	109	77	85	120	137	159	292	264	245	27	32	33	88	102	120
Schnitthöhe															
unter 5 cm	47	36	13	114	136	153	292	267	245	26	32	32	92	116	135
5 bis 7 cm	571	478	264	115	136	160	294	262	247	27	32	34	85	98	109
über 7 cm	173	124	82	113	138	164	296	260	245	27	33	34	83	92	104
Zethäufigkeit															
1 x	97	84	25	116	137	156	295	262	244	27	33	33	88	98	123
2 x	300	244	112	113	137	163	294	262	243	27	32	34	85	100	111
3 x	287	237	144	113	136	158	293	262	247	27	32	33	87	98	111
öfter als 3 x	106	73	78	112	135	157	294	264	249	26	32	33	86	110	119
Nachtschwad															
nein	722	583	316	112	135	154	292	265	249	27	32	33	88	104	119
ja	69	55	43	116	138	163	296	260	243	27	33	33	85	100	113
Dauer der Feldphase															
bis 24 h	88	85	41	118	140	154	285	263	250	28	33	34	85	100	106
24 bis 36 h	431	320	189	116	139	156	285	260	249	27	33	33	87	101	110
36 bis 48 h	204	165	87	114	137	157	292	262	249	27	32	34	88	100	112
48 bis 72 h	59	63	38	115	139	161	294	264	250	26	32	33	89	107	118
über 72 h	9	5	4	106	126	167	313	265	231	26	32	31	83	101	134
Erntegerät															
Ladewagen	701	547	309	111	136	157	298	264	246	27	32	33	87	111	129
Fixkammerpresse	35	22	17	109	135	163	300	264	239	26	33	33	88	105	119
Variable Presse	38	52	30	108	125	160	303	272	251	25	30	32	84	101	132
Händisch	13	14	3	111	138	155	292	257	247	25	34	34	90	95	85
Sonstige	4	3	42	131	147	156	277	256	246	30	32	33	83	98	111
Trocknungsverfahren															
Bodentrocknung	157	149	69	112	137	158	301	264	247	27	32	33	85	100	118
Kaltbelüftung	244	189	248	112	135	163	294	264	244	26	32	33	87	103	120
Warmbelüftung	390	300	249	118	138	158	286	260	250	27	33	33	87	103	114

Anhang – Tabelle 5: Einfluss von signifikanten Umwelt- und Managementfaktoren auf Gerüstsubstanzen und Zucker von Raufutter in Österreich (LK-Heuprojekte 2012 bis 2018)

Faktoren	Anzahl Proben			NDF [g/kg TM]			ADF [g/kg TM]			ADL [g/kg TM]			Zucker [g/kg TM]		
	1.	2.	3.+	1.	2.	3.+	1.	2.	3.+	1.	2.	3.+	1.	2.	3.+
Mittelwerte	248	192	167	543	490	473	335	311	296	50	48	54	126	105	109
Jahr															
2012	40	17	28	535	473	458	352	324	335	57	55	70	130	101	104
2015	13	42	20	555	504	495	321	301	266	46	45	45	122	101	111
2018	195	133	119	541	494	465	333	309	286	47	45	48	126	114	113
Bundesland															
Kärnten	11	14	6	575	548	489	353	344	308	50	53	49	117	90	109
Oberösterreich	9	8	8	548	515	448	344	331	284	52	52	53	130	113	106
Niederösterreich	3	1	1	548	438	464	344	250	304	55	38	64	102	96	104
Salzburg	54	41	60	530	480	474	320	313	288	46	49	54	143	116	112
Steiermark	17	10	5	566	515	495	343	327	313	49	46	52	127	104	103
Tirol	103	86	36	523	486	472	328	319	301	49	50	58	129	105	112
Vorarlberg	51	32	51	513	451	469	316	296	271	47	49	51	134	112	118
Hangneigung															
eben	72	52	44	543	486	474	335	311	293	48	47	53	130	106	111
bis 30 %	130	96	109	536	487	471	332	308	299	50	47	54	126	105	108
über 30 %	46	44	14	551	498	474	340	315	294	52	51	56	121	104	109
Regen															
nein	236	185	165	534	492	462	330	310	296	49	50	53	126	116	113
ja	12	7	2	553	489	483	341	313	295	51	46	56	126	94	105
Wirtschaftsweise															
Bio	108	100	81	543	483	469	341	312	286	50	50	53	123	103	110
UBAG	100	59	62	538	490	485	336	316	300	50	48	53	126	104	107
UBAG + Verzicht ohne ÖPUL	34	29	18	546	491	480	338	318	311	52	49	57	128	108	118
ohne ÖPUL	6	4	6	546	498	458	327	300	284	47	46	54	127	105	102
Siloverzicht (HKT)															
ja	204	146	144	545	492	461	337	309	288	51	47	55	128	105	111
nein	44	46	23	542	488	485	334	314	303	49	49	53	123	105	107
Bestand bei der Mahd															
nass	1	2	2	522	476	464	327	301	292	45	43	58	125	109	112
feucht	60	47	48	552	503	474	340	322	296	53	53	52	127	102	109
trocken	187	143	117	556	492	480	339	311	299	52	49	52	125	105	108
Mähzeitpunkt															
Morgen	17	12	9	548	487	480	337	304	309	51	51	57	120	103	102
Vormittag	91	76	55	551	481	481	341	312	299	51	48	57	121	103	107
Mittag	68	43	54	545	497	469	336	308	288	49	45	54	131	109	110
Nachmittag	45	39	38	534	503	465	328	317	292	48	48	54	128	106	113
Abend	27	22	11	539	484	470	335	316	289	51	49	51	131	104	115
Mähgerät															
Trommel	31	15	13	542	507	462	338	321	290	50	50	49	124	107	105
Scheiben	122	117	88	542	485	466	335	309	296	51	50	57	125	104	111
Messerbalken	37	31	15	557	479	486	342	302	295	51	45	56	129	104	108
Mähauflbereiter	58	29	51	531	491	478	326	315	302	47	49	56	126	105	113
Schnitthöhe															
unter 5 cm	11	5	5	553	499	475	336	317	297	50	47	57	130	105	109
5 bis 7 cm	173	146	118	542	489	471	334	309	295	50	48	53	123	108	111
über 7 cm	64	41	44	535	483	473	336	308	294	50	50	52	124	103	108
Zethäufigkeit															
1 x	32	28	14	546	484	492	332	312	297	50	48	56	116	96	109
2 x	82	79	61	547	489	465	336	307	287	50	47	54	123	103	109
3 x	98	70	64	536	491	470	334	310	301	49	49	56	130	107	111
öfter als 3 x	36	15	28	543	497	465	339	316	297	50	48	51	135	114	109
Nachtschwad															
nein	230	176	151	547	489	476	340	311	299	52	47	53	127	104	108
ja	18	16	16	540	491	470	331	312	292	48	50	56	125	106	111
Dauer der Feldphase															
bis 24 h	20	25	19	521	485	458	327	312	288	48	47	53	131	102	107
24 bis 36 h	148	115	94	533	487	475	331	309	296	50	47	54	127	105	105
36 bis 48 h	61	35	38	547	478	476	339	306	296	49	47	57	123	107	106
48 bis 72 h	16	15	16	548	490	482	345	319	302	53	45	53	125	108	103
über 72 h	3	2	1	568	512		351	335		56	56		124	103	126
Erntegerät															
Ladewagen	222	170	139	543	491	477	335	314	302	49	50	55	126	106	110
Fixkammerpresse	13	6	6	540	482	443	334	302	267	49	48	48	127	105	111
Variable Presse	13	16	10	547	498	498	337	319	317	51	47	60	124	105	108
Trocknungsverfahren															
Bodentrocknung	28	23	19	569	488	464	343	312	284	50	51	53	115	99	108
Kaltbelüftung	53	42	43	532	492	486	335	311	300	50	46	57	130	105	109
Warmbelüftung	167	127	95	529	491	470	328	312	302	49	47	53	132	112	111

Anhang – Tabelle 6: Einfluss von Umwelt- und Managementfaktoren auf nutzbares Rohprotein, Nettoenergie, Phosphor- und Eisengehalt von Raufutter in Österreich (Heuprojekt 2010 u. 2012)

Faktoren	Anzahl Proben			nutzbares Rohprotein [g/kg TM]			Nettoenergie-Laktation [MJ/kg TM]			Phosphor (P) [g/kg TM]			Eisen (Fe) [mg/kg TM]		
	1.	2.	3.+	1.	2.	3.+	1.	2.	3.+	1.	2.	3.+	1.	2.	3.+
Mittelwerte	782	635	359	122	127	133	5,47	5,48	5,64	2,4	3,0	3,3	554	472	988
Jahr															
2007 bis 2010	187	160	42	121	127	131	5,45	5,50	5,63	2,4	3,1	3,4	507	325	
2012	283	229	143	125	127	134	5,74	5,52	5,69	2,4	3,1	3,3	614	693	
2015	117	110	54	119	127	134	5,22	5,44	5,62	2,4	3,0	3,3	673	547	
2018	195	136	120	123	128	135	5,49	5,48	5,62	2,3	3,0	3,3	424	324	
Bundesland															
Kärnten	33	35	9	119	125	131	5,33	5,32	5,60	2,4	3,1	4,0	609	553	
Oberösterreich	18	20	13	120	125	133	5,43	5,42	5,65	2,7	3,4	3,6	360	386	
Niederösterreich	10	5	8	122	128	140	5,35	5,59	5,87	1,8	2,6	3,0	414	401	
Salzburg	147	136	142	122	127	133	5,54	5,45	5,61	2,3	2,9	3,4	551	487	
Steiermark	63	38	12	121	127	128	5,43	5,41	5,33	2,5	3,3	2,7	426	192	
Tirol	391	287	75	122	127	132	5,54	5,46	5,64	2,3	2,8	3,2	707	736	
Vorarlberg	120	114	100	126	134	136	5,71	5,73	5,79	2,7	3,1	3,4	814	552	
Hangneigung															
eben	233	193	121	123	127	135	5,50	5,46	5,68	2,4	3,0	3,4	616	459	800
bis 30 %	397	316	204	123	129	134	5,50	5,52	5,67	2,4	3,1	3,4	521	441	849
über 30 %	152	126	34	121	127	131	5,43	5,46	5,58	2,3	3,0	3,2	527	518	1.315
Regen															
nein	755	616	351	123	126	133	5,52	5,48	5,66	2,4	3,0	3,3	516	530	927
ja	27	19	8	121	128	133	5,43	5,48	5,62	2,4	3,1	3,3	593	415	1.049
Wirtschaftsweise															
Bio	362	307	184	122	127	134	5,48	5,48	5,71	2,2	2,8	3,1	604	546	951
UBAG	352	277	144	122	127	134	5,45	5,47	5,65	2,4	3,0	3,5	485	584	1.013
UBAG + Verzicht	56	38	20	121	126	130	5,45	5,44	5,57	2,4	3,1	3,3	486	302	1.051
ohne ÖPUL	12	13	11	124	130	136	5,53	5,54	5,64	2,5	3,3	3,3	643	458	937
Siloverzicht (HKT)															
ja	533	429	292	122	128	135	5,51	5,53	5,72	2,4	3,1	3,4	631	549	1.066
nein	249	206	67	122	126	132	5,44	5,44	5,56	2,4	3,0	3,2	478	396	910
Bestand bei der Mahd															
nass	17	22	10	123	127	134	5,50	5,45	5,67	2,5	3,1	3,2	472	659	
feucht	275	213	115	121	127	134	5,47	5,49	5,65	2,3	3,0	3,4	571	354	1.119
trocken	490	400	234	121	128	132	5,46	5,51	5,60	2,3	3,1	3,3	620	405	858
Mähzeitpunkt															
Morgen	83	54	19	121	127	130	5,44	5,46	5,51	2,3	3,0	3,5	572	578	889
Vormittag	329	268	133	121	128	132	5,41	5,49	5,60	2,4	3,1	3,4	528	444	1.031
Mittag	171	133	102	123	128	136	5,51	5,50	5,71	2,5	3,2	3,3	662	603	965
Nachmittag	126	114	83	122	128	133	5,51	5,49	5,63	2,5	3,0	3,2	525	397	1.169
Abend	73	66	22	122	127	135	5,50	5,48	5,75	2,3	2,9	3,2	485	340	886
Mähgerät															
Trommel	114	75	33	120	127	133	5,42	5,46	5,62	2,3	3,0	3,3	558	419	766
Scheiben	416	375	211	122	128	134	5,49	5,50	5,67	2,3	3,0	3,4	556	550	1.060
Messerbalken	145	108	30	122	128	133	5,47	5,51	5,63	2,4	3,2	3,2	537	432	1.102
Mähauflbereiter	107	77	85	124	127	133	5,52	5,46	5,65	2,5	3,1	3,3	566	489	1.024
Schnitthöhe															
unter 5 cm	45	36	13	122	127	131	5,49	5,44	5,65	2,5	3,2	3,1	739	691	1.169
5 bis 7 cm	565	475	264	122	127	133	5,48	5,49	5,62	2,4	3,0	3,4	515	417	916
über 7 cm	172	124	82	122	128	135	5,46	5,52	5,65	2,3	2,9	3,5	409	310	880
Zetthäufigkeit															
1 x	96	84	25	123	128	134	5,47	5,49	5,65	2,3	3,0	3,4	712	583	796
2 x	297	243	112	122	128	135	5,47	5,49	5,70	2,4	3,0	3,3	439	497	1.011
3 x	284	235	144	122	127	133	5,49	5,48	5,62	2,4	3,0	3,3	543	355	930
öfter als 3 x	105	73	78	121	127	132	5,47	5,47	5,59	2,4	3,1	3,3	523	455	1.216
Nachtschwad															
nein	715	581	316	122	127	132	5,49	5,45	5,60	2,4	3,1	3,3	587	590	995
ja	67	54	43	122	128	135	5,46	5,52	5,68	2,3	3,0	3,4	522	355	982
Dauer der Feldphase															
bis 24 h	87	85	41	124	128	132	5,60	5,49	5,61	2,4	3,1	3,0	581	278	919
24 bis 36 h	428	320	189	124	128	132	5,61	5,52	5,60	2,4	3,1	3,2	567	430	944
36 bis 48 h	204	164	87	122	127	133	5,49	5,49	5,61	2,4	3,1	3,4	562	412	949
48 bis 72 h	55	61	38	122	128	133	5,45	5,48	5,59	2,5	3,0	3,2	526	562	1.141
über 72 h	8	5	4	118	124	136	5,23	5,44	5,80	2,2	2,9	3,8	536	681	
Erntegerät															
Ladewagen	697	545	309	121	127	133	5,40	5,47	5,65	2,4	3,1	3,1	510	592	952
Fixkammerpresse	33	21	17	120	127	135	5,37	5,47	5,73	2,3	3,0	3,1	616	502	908
Variable Presse	36	52	30	119	123	132	5,35	5,36	5,56	2,4	3,0	3,2	429	638	1.104
Händisch	12	14	3	121	129	133	5,50	5,55	5,62	2,3	3,1	3,8	686	191	
Trocknungsverfahren															
Bodentrocknung	151	147	42	120	127	133	5,38	5,46	5,64	2,2	3,0	3,3	567	494	920
Kaltbelüftung	242	189	69	121	127	134	5,46	5,47	5,62	2,4	3,0	3,3	546	531	1.111
Warmbelüftung	389	299	248	124	128	134	5,58	5,51	5,66	2,5	3,1	3,4	551	392	934