

Proteinfractionen von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer

Protein fractions of forage from permanent grassland depending on conservation method and storage length

Reinhard Resch¹* und Leonhard Gruber¹

Zusammenfassung

Das hohe Leistungsniveau heutiger Milchkühe stellt auch hohe Anforderungen an deren Proteinversorgung. Eine Protein-Differenzierung hinsichtlich Abbaubarkeit und Abbaugeschwindigkeit im Pansen ist die Voraussetzung, die Futtermittel hinsichtlich ihres Proteinwertes richtig einzuschätzen. Das Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) unterscheidet fünf Proteinfractionen (A = NPN, B1 = lösliches, rasch abbaubares Protein, B2 = mittelschnell abbaubares Protein, B3 = langsam abbaubares Protein, C = nicht verfügbares Protein, an die Zellwand gebunden). Da der Abbau von Rohprotein in Futtermitteln auch von der Konservierung und der technischen Verarbeitung beeinflusst wird, wurden im HBLFA-Projekt „Heutrocknung“ in elf Versuchen an Dauerwiesenfutter die Effekte von drei Heutrocknungsverfahren (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchterrocknung) und der Silierung auf die Proteinfractionen nach dem CNCPS untersucht. Die Silierung wirkte sich stärker auf die Zusammensetzung der Proteinfractionen aus als die Heukonservierung. Grassilage enthielt mehr verwertbare Stickstoffverbindungen (124 g/kg TM) als die einzelnen Heuvarianten (106 bis 111 g/kg TM). In der Erntephase kam es zwischen Mähen und Einfuhr zu merklichen Verlusten an leicht löslichen NPN-Verbindungen. Die drei Verfahren der Heutrocknung unterschieden sich in den einzelnen Proteinfractionen nicht signifikant voneinander, d.h. bodengetrocknetes Heu wies die gleichen Proteinfractionen auf wie kaltbelüftetes oder entfeuchtetes Heu. Während der Lagerung der Futterkonserven traten nur geringfügige Veränderungen der Proteinfractionen in den einzelnen Heutrocknungsverfahren auf, während bei Grassilage deutliche Differenzen zum Erntegut zu verzeichnen waren.

Schlagwörter: Heutrocknung, Trocknungsverfahren, Gärfutter, Proteinqualität, CNCPS

Summary

The high milk yield potential of recent dairy cows makes great demands on their protein supply. It is a prerequisite to properly evaluate the protein value of feed stuffs to differentiate protein regarding extent and rate of degradability. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) is based on five protein fractions (A = NPN, B1 = soluble, rapidly degradable protein, B2 = intermediately degradable protein, B3 = slowly degradable protein, C = unavailable protein, bound in cell walls). The degradation of crude protein in forage depends on the conservation method as well as on technical processing. Knowledge of drying technique effects on protein fractions is unsatisfactory. AREC Raumberg-Gumpenstein carried out the project “Hay drying“ in order to determine the effects of three different drying methods (field drying without ventilation, air ventilation, dehumidification drying) on protein fractions compared to silage conservation. With silage fermentation the proportion of protein fractions changed to a higher extent than with the several hay drying techniques. In grass silage the content of available protein was higher (124 g/kg DM) than in hays of several drying techniques (106 – 111 g/kg DM). During harvest phase from cutting to storage, considerable losses of NPN were observed. Between the three treatments of hay drying no significant differences were found regarding the content of protein fractions, i.e. hay from field drying showed the same protein fractions than ventilated hay. There was no significant advantage of dehumidification drying regarding the protein fractions. During storage, the protein fractions changed only to a small degree with hay, whereas with grass silage considerable changes occurred compared to the original fresh grass.

Keywords: hay drying, drying method, silage, protein quality, CNCPS

1. Einleitung

Die Qualität des Grundfutters hat in österreichischen Milchviehbetrieben einen hohen Stellenwert, weil die Rationen je nach System große Anteile an Gärfutter, Heu und Grünfutter aufweisen. Protein ist in der tierischen Ernährung

von entscheidender Bedeutung. Seit über hundert Jahren wird Futterprotein über die Analyse des Gesamtstickstoffgehaltes nach KJELDAHL (1883) mengenmäßig bewertet. Das hohe Leistungsniveau heutiger Milchkühe stellt auch hohe Anforderungen an deren Proteinversorgung. Eine Protein-Differenzierung hinsichtlich Abbaubarkeit und

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

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

Abbaugeschwindigkeit im Pansen ist die Voraussetzung, die Futtermittel hinsichtlich ihres Proteinwertes richtig einzuschätzen (RUSSELL et al. 1992, SNIFFEN et al. 1992, FOX et al. 1992). Das Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) unterscheidet fünf verschiedene Rohprotein-Fractionen in Abhängigkeit ihrer Abbaueigenschaften im Pansen (FOX et al. 2004). Schnell löslicher Nichtprotein-Stickstoff (NPN), im Pansen abbaubares Protein mit hoher, mittlerer und geringer Abbaurate sowie zellwandgebundenes, nicht abbaubares Protein.

Der Abbau des Rohproteins im Futtermittel wird von der Konservierung und der technischen Verarbeitung wesentlich beeinflusst (GRUBER et al. 2004). Nach HOEDKE et al. (2010) treten schon während der Anwelkung proteolytische Prozesse auf (hydrolytische Spaltung von Protein bis hin zu Aminosäuren), die vor allem von pflanzlichen Proteasen verursacht werden (KEMBLE 1956, OHSHIMA und McDONALD 1978, SEYFARTH et al. 1989). Die Proteolyse reicht bis in den Gärprozess hinein. Während der Gärung können Aminosäuren durch Mikroorganismen (insbesondere Clostridien) weiter abgebaut werden. Drei mikrobielle Proteinabbauvorgänge (Desmolyse), nämlich Stickland-Mechanismus, Desaminierung und Decarboxylierung werden unterschieden (McDONALD et al. 1991, ROOKE und HATFIELD 2003). Optimale Heubelüftungstrocknung gewährleistet nach WIRLEITNER et al. (2014) auch bei ungünstigen Trocknungsbedingungen die Produktion von futterhygienisch einwandfreiem Heu. Welche Auswirkungen unterschiedliche Heukonservierungstechniken auf Proteinfraktionen ausüben, wurde bis dato nicht erforscht. Die HBLFA Raumberg-Gumpenstein ist im Forschungsprojekt „Heutrocknung“ u.a. der Frage nachgegangen, inwieweit das Rohprotein von Dauerwiesenfutter und dessen Fraktionen durch den Konservierungsprozess der Silierung bzw. drei unterschiedlichen Heutrocknungsverfahren (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchtertrocknung) von der Ernte bis zur Futtervorlage beeinflusst werden.

2. Material und Methoden

2.1 Projekt Heutrocknung

An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurde der Systemvergleich zwischen vier Konservierungsverfahren (Bodentrocknung, ohne Belüftung; Kaltbelüftung; Entfeuchtertrocknung; Silierung, System Rundballensilage) über drei Jahre (2010, 2011, 2012) und vier Grünlandaufwüchse (1. bis 4. Aufwuchs) durchgeführt. Die prozessorientierte Fragestellung inkludiert darüber hinaus den Faktor Lagerungsphase, um qualitative Futterveränderungen vom Feldbestand bis zur Futtervorlage abbilden zu können.

Das Ausgangsmaterial, die 11 ha große „Stainacher Wiese“, war ein Dauerwiesen-Mischbestand mit einem durchschnittlichen Artengruppenverhältnis von 57 % Gräsern, 21 % Leguminosen und 22 % Kräutern im 1. Aufwuchs. In den Folgeaufwüchsen verschob sich das Verhältnis auf 51 % Gräser, 24 % Leguminosen und 25 % Kräuter. Im Versuchsjahr 2012 wurden anstatt vier nur drei Aufwüchse geerntet, weil der 2. Aufwuchs aufgrund einer Überflutung der Wiesenfläche nach starken Regenfällen und starker Futterverschmutzung für die Fütterung nicht mehr geeignet

war und entsorgt werden musste. Die Mahd der Versuchsfläche wurde im Jahr 2010 ohne Mähauflbereitung, in den Folgejahren 2011 und 2012 mit Knickzetter-Aufbereitung durchgeführt. Futterbearbeitung (Zetten, Schwaden) und Einfuhr des Erntegutes (Ladewagen) wurde in den drei Versuchsjahren und bei allen Aufwüchsen mit den gleichen Maschinen erledigt (PÖLLINGER 2014 und 2015).

2.2 Laboranalyse

Vom 11 ha großen Dauerwiesenbestand wurden bei jedem Aufwuchs vier zufällig verteilte Proben sofort nach dem Mähen vom Mähschwad mittels Stechzylinder (Innendurchmesser 5 cm) gezogen, um die Variabilität des Ausgangsmaterials zu berücksichtigen. Bei der Einfuhr des Erntegutes erfolgte die Probenziehung von mindestens zwei Ladewagen durch mindestens 20 zufällig verteilte Einstiche ebenfalls mittels Stechzylinder (Innendurchmesser 5 cm). In der Lagerungsphase wurden die Heuproben vom Heustock an unterschiedlichen Stellen (mindestens 20 Einstiche) bis zu einer Tiefe von 150 cm gezogen. Der dynamische Beprobungsraster für die Proteinfraktionen war folgender: Feldbestand nach Mähen, zur Einfuhr, nach 30 Tagen sowie vor Fütterungsbeginn. Bei Variante Silierung wurde auf den Beprobungszeitpunkt nach 30 Tagen verzichtet, damit während der Lagerung kein Verderb die Gärfutterqualität für den Fütterungsversuch beeinträchtigt. Im Projekt Heutrocknung wurden die chemischen Untersuchungen (Weender Nährstoffanalyse, Gerüstsubstanzen) an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein nach den Methoden des VDLUFA (1976) durchgeführt. Die Rohprotein-Fractionen des CNCPS wurden basierend auf den Arbeiten von KRISHNAMOORTHY et al. (1982) und LICITRA et al. (1996) analysiert. Der Anteil an Reinprotein (Summe der Rohproteinfraktionen B1 + B2 + B3) ist laut SPIEKERS (2011) ein Indikator für den Proteinabbau, daher wurde dieser Wert rechnerisch ermittelt. Die Gerüstsubstanzen wurden nach Van SOEST et al. (1991) analysiert.

2.3 Statistische Auswertung

Die Daten wurden in einer MS Access-Datenbank erfasst und für die weitere Verarbeitung auf Richtigkeit und Plausibilität kontrolliert. Die statistischen Analysen wurden mit Hilfe der Programme IBM SPSS Statistics (Version 22) und Statgraphics Centurion XV (Version 15.2.14) durchgeführt. Das Versuchsdesign des Projektes „Heutrocknung“ erforderte und ermöglichte eine mehrfaktorielle Auswertung der Daten unter Berücksichtigung der Faktoren Jahr (J), Aufwuchs (A), Konservierungsverfahren (K) und Lagerungsdauer (L). Insgesamt standen 11 Einzelversuche für die Auswertung zur Verfügung. Aus der Vielzahl an Ergebnissen wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit in erster Linie statistische Effekte und Mittelwerte herausgearbeitet. Die Mittelwert-Vergleiche wurden mit dem Verfahren nach Scheffé berechnet, weil es ein strenges Testverfahren ist und für ungleich große Gruppen exakte Werte liefert. In der Darstellung der Ergebnisse wurden der Proteingehalt und die Proteinfraktionen des Feldbestandes unmittelbar nach der Mahd mitberücksichtigt, um eventuelle Abbauprozesse während der Erntephase erfassen zu können.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Gehalte an Rohnährstoffen, die Verdaulichkeit der OM *in vitro* (TILLEY und TERRY 1963), die Energiekonzentration sowie der Gehalt an Mineralstoffen und Carotin wurden von RESCH (2014) für die drei Heuvarianten dargestellt und entsprechen in ihrer Größenordnung den Angaben der in Österreich verwendeten Futterwerttabellen (RESCH et al. 2006, DLG 1997) sowie praxisüblichen österreichischen Verhältnissen (RESCH 2011). Die Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) liegen im Vergleich zu GRUBER et al. (2009) im Normalbereich von Wiesenfutter. Der mittlere Rohproteingehalt lag bei 150 ± 23 g/kg TM (Mittelwert \pm Standardabweichung).

3.1 Ausgangsmaterial

Der Faktor Aufwuchs übte den größten Einfluss auf den Gehalt an Rohprotein (XP) im Ausgangsmaterial aus (Tabelle 1). Obwohl die Anteile der Leguminosen mehr als 20 % betragen, waren die Gehalte an Rohprotein nur durchschnittlich. Der Anteil der Proteinfractionen in den verschiedenen Varianten weicht von Literaturergebnissen

eher ab. Im Vergleich zu Untersuchungen von VOSS (1967), OHSHIMA und McDONALD (1978), GRUBER et al. (2004) und EDMUNDS et al. (2012a) fand sich im Grünfutter ein deutlich höherer Anteil an NPN-Verbindungen (Proteinfraction A) von durchschnittlich mehr als 40 % des XP. Die Gehalte an zellwandgebundenem Protein (Fraktion C) lagen mit durchschnittlich 22,3 % ebenfalls sehr hoch. Die Anteile des rasch abbaubaren Proteins (Fraktion B1) und des langsam abbaubaren Proteins (B3) lagen im Normalbereich (Tabelle 1). Der Anteil der Proteinfraction B2 (mittlere Abbaugeschwindigkeit im Pansen) war im Ausgangsmaterial sehr niedrig. Die Zusammenfassung der B-Fractionen (B1 + B2 + B3) ergibt das im Pansen abbaubare Protein, auch als Reinprotein bezeichnet. Im Grünfutter war im Durchschnitt der Anteil an Reinprotein mit 36,3 % von XP sehr gering.

3.2 Bewertung der Einflussfaktoren

In einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse wurden Faktoreffekte und Zweifach-Wechselwirkungen für die einzelnen Proteinfaktoren untersucht. Das Konservierungsverfahren übte in allen geprüften Parametern einen hoch signifikanten Effekt aus (Tabelle 2). Mit Ausnahme von Proteinfraction

Tabelle 1: Zusammensetzung des Ausgangsmaterials – Inhaltsstoffe und Protein-Fractionen in Abhängigkeit von den Faktoren Jahr und Aufwuchs

Jahr	Aufwuchs	Inhaltsstoffe (g/kg TM)				Proteinfractionen (g/kg TM)							Proteinfractionen (% des XP)					
		XP	NDF	ADF	ADL	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein	
2010	1	129	532	320	40	50	17	4	44	25	65	35,9	12,0	2,7	31,1	18,3	45,8	
	2	156	451	281	38	60	21	10	32	41	63	36,7	12,8	5,8	19,8	25,0	38,3	
	3	160	472	292	40	59	15	6	44	36	65	37,5	9,5	3,5	27,3	22,2	40,3	
	4	193	402	231	32	78	26	7	49	45	82	38,3	12,6	3,1	24,2	21,8	39,9	
2011	1	140	459	257	39	72	10	0	37	30	48	48,4	6,9	0,0	25,0	19,7	31,9	
	2	145	505	319	41	55	12	0	38	42	50	37,6	8,5	0,0	25,7	28,3	34,1	
	3	147	500	326	51	67	14	0	36	30	51	45,5	9,8	0,0	24,5	20,2	34,3	
	4	173	455	275	44	70	17	1	50	37	68	40,4	9,7	0,5	28,2	21,3	38,3	
2012	1	130	465	267	25	61	8	3	26	32	37	47,0	6,3	2,0	20,1	24,7	28,3	
	2	127	474	288	27	57	10	5	32	27	47	43,5	7,2	3,8	24,9	20,6	35,9	
	4	149	464	276	31	69	13	0	36	36	49	45,2	8,3	0,0	23,6	23,0	31,9	
Mittelwert	1	133	485	281	35	61	12	2	36	29	50	43,8	8,4	1,6	25,4	20,9	35,4	
	2	143	477	296	35	57	14	5	34	37	53	39,2	9,5	3,2	23,4	24,7	36,1	
	3	153	486	309	46	63	15	3	40	33	58	41,5	9,7	1,7	25,9	21,2	37,3	
	4	172	440	260	36	73	18	3	45	39	66	41,3	10,2	1,2	25,3	22,0	36,7	
Gesamtmittelwert		150	471	285	37	64	15	3	39	35	57	41,4	9,4	1,9	24,9	22,3	36,3	

Tabelle 2: Faktor- und Wechselwirkungseffekte von Jahr, Aufwuchs, Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer auf Rohprotein und Proteinfractionen von Wiesenfutter (P-Werte und R²)

Faktor	Rohprotein		Proteinfractionen (g/kg TM)					Proteinfractionen (% von XP)					
	XP	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein
Jahr (J)	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,411	0,009	<0,001
Aufwuchs (A)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,045	0,006
Konservierungsverfahren (K)	<0,001	<0,001	<0,001	0,273	<0,001	0,247	0,773	<0,001	<0,001	0,724	<0,001	0,005	0,029
Lagerungsdauer (L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
J × A	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,441	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,009	0,069	0,010	0,037
J × K	0,800	0,556	0,597	0,401	0,639	0,598	0,479	0,562	0,683	0,303	0,525	0,356	0,326
J × L	0,196	<0,001	<0,001	0,024	0,048	0,018	0,202	<0,001	<0,001	0,018	0,164	0,034	0,107
A × K	0,472	0,916	0,589	0,254	0,895	0,802	0,467	0,879	0,771	0,230	0,636	0,744	0,684
A × L	0,021	<0,001	<0,001	0,015	0,644	0,003	0,192	<0,001	0,008	0,040	0,622	0,143	0,255
K × L	0,001	<0,001	0,007	0,002	<0,001	<0,001	0,379	<0,001	0,020	0,023	<0,001	<0,001	0,340
R ²	0,877	0,918	0,967	0,731	0,671	0,686	0,734	0,841	0,955	0,719	0,594	0,644	0,611

P-Werte bezogen auf Konfidenzlevel 95 % (Methode Scheffé)

B3 waren signifikante Effekte der Faktoren Aufwuchs und Versuchsjahr festzustellen. Der Faktor Lagerungsdauer übte in 8 von 13 Parametern einen hoch signifikanten Einfluss aus.

In den sechs überprüften Zweifach-Wechselwirkungen (Tabelle 2) fiel auf, dass die Kombinationen von Jahr \times Konservierungsverfahren und Aufwuchs \times Konservierungsverfahren in keinem Parameter signifikante Wirkungen ausübten. Die Wechselwirkung Konservierungsverfahren \times Lagerungsdauer stellte sich mit Ausnahme von Reinprotein in jeder Proteinfraktion als hoch signifikant heraus.

Eine Analyse der Varianzkomponenten sollte klären, wie groß der Anteil des Effektes eines Faktors an der gesamten Datenvariabilität der Proteinfaktoren war. Auf den Rohproteingehalt wirkte der Aufwuchs mit 61,5 % am stärksten, das Konservierungsverfahren und die Lagerungsdauer mit rund 6 % nur mäßig. Der Aufwuchs hatte mit 59,6 % auch auf Fraktion C den größten Einfluss. Das Konservierungsverfahren bewirkte auf die Fraktion B3 mit 64,5 % den höchsten Effekt. In acht Parametern brachte das Konservierungsverfahren den geringsten Anteil an Wirkung (Tabelle 3). Die Lagerungsdauer beeinflusste die Datenvariabilität in sieben Parametern am stärksten, d.h. dass sich die betroffenen Proteinfraktionen vom Mähen bis zur Fütterung am stärksten änderten.

Die multiplen Mittelwertvergleiche der vier Versuchs-Faktoren zeigen, ob die Differenzen zwischen den Varianten einer Behandlung signifikante Unterschiede aufweisen (durch unterschiedliche Hochbuchstaben gekennzeichnet). In dieser Datenanalyse (Tabelle 4) wurden die Differenzen der absoluten Gehaltswerte (g/kg TM) und die relativen Anteile der Proteinfraktionen am Rohprotein-Gehalt untersucht.

Wie schon in der Analyse der Varianzkomponenten sichtbar, zeigen sich die wesentlichen Einflussfaktoren auch im Vergleich der Mittelwerte. Der Faktor Konservierungsverfahren beinhaltet die zentrale Fragestellung in diesem Projekt und steht daher im Mittelpunkt des Interesses. Wie zu erwarten, ergab die Silierung einen signifikant höheren Rohproteingehalt (159 g/kg TM) als die Heuvarianten, die sich nur zufällig voneinander unterschieden und deren Proteingehalt um >10 g XP geringer war als Grassilage. Grassilage vom gleichen Ausgangsmaterial beinhaltete signifikant mehr NPN-Verbindungen. EDMUNDS et al. (2012b) fanden heraus, dass mit Zunahme der Ernte-TM die NPN-Verbindungen quadratisch geringer werden. Höhere Gehalte an leicht löslichem Protein (B1) und Protein von mittlerer Abbaugeschwindigkeit (B2), wie sie auch im vorliegenden Projekt 'Heutrocknung' auftraten, sind hingegen atypisch. GRUBER et al. (2004) und EDMUNDS et al. (2012) fanden im Heu höhere B1- und B2-Anteile als in

Tabelle 3: **Faktoreinfluss auf die Datenvariabilität von Rohprotein und Proteinfraktionen von Wiesenfutter in %** (Varianzkomponentenanalyse)

Varianzkomponenten	Rohprotein und Proteinfraktionen (absolut in der TM)							Proteinfraktionen (relativ zu XP)					
	XP	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein
Jahr	27,0	2,6	12,4	19,7	16,6	22,3	49,6	35,5	7,8	16,9	0,0	8,0	64,7
Aufwuchs	61,5	11,8	5,8	18,8	25,5	59,6	46,7	17,2	0,0	12,5	5,7	5,6	18,3
Konservierungsverfahren	5,6	35,1	1,2	0,0	23,6	1,7	0,0	16,7	0,6	0,0	64,5	26,3	1,6
Lagerungsdauer	6,0	50,5	80,5	61,5	34,3	16,4	3,6	30,6	91,6	70,6	29,8	60,1	15,4

Tabelle 4: **Mittelwerte von Rohprotein und Protein-Fraktionen des Versuchsfutters in Abhängigkeit von den Faktoren Jahr, Aufwuchs, Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer**

Faktor	Rohprotein		Proteinfraktionen (g/kg TM)						Proteinfraktionen (% des XP)					
	Anzahl	XP	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein
Jahr														
2010	60	158 ^c	52,4 ^a	9,3 ^c	23,7 ^b	35,3 ^b	36,9 ^b	68,3 ^c	33,3 ^a	5,8 ^c	14,4 ^b	22,8 ^a	23,7 ^a	43,0 ^c
2011	60	150 ^b	50,8 ^a	7,7 ^b	18,3 ^b	34,7 ^b	38,7 ^b	60,7 ^b	34,1 ^a	5,1 ^b	11,6 ^b	23,4 ^a	25,9 ^b	40,0 ^b
2012	45	134 ^a	55,8 ^b	5,3 ^a	10,0 ^a	30,1 ^a	33,1 ^a	45,4 ^a	41,6 ^b	3,9 ^a	7,0 ^a	22,6 ^a	24,9 ^{ab}	33,6 ^a
Aufwuchs														
1.	45	131 ^a	51,4 ^b	6,0 ^a	11,0 ^a	31,5 ^a	31,1 ^a	48,5 ^a	39,1 ^c	4,5 ^a	7,9 ^a	24,5 ^b	24,0	36,9 ^a
2.	45	142 ^b	51,5 ^b	7,4 ^b	14,9 ^a	31,8 ^a	35,8 ^b	54,2 ^a	36,8 ^{bc}	5,1 ^b	10,0 ^{ab}	22,8 ^{ab}	25,4	37,9 ^{ab}
3.	30	153 ^c	48,2 ^a	8,0 ^b	24,2 ^b	32,6 ^a	40,4 ^b	64,7 ^b	31,5 ^a	5,2 ^b	15,5 ^c	21,3 ^a	26,5	42,1 ^c
4.	45	170 ^d	58,3 ^c	9,4 ^c	24,0 ^b	38,3 ^b	40,1 ^b	71,6 ^b	34,5 ^b	5,3 ^b	13,4 ^{bc}	22,8 ^{ab}	24,0	41,5 ^{bc}
Konservierungsverfahren														
Bodentrocknung	44	144 ^a	48,7 ^a	7,0 ^a	15,8	34,5 ^b	37,7	57,4	34,2 ^a	4,7 ^a	10,4	24,3 ^b	26,4 ^b	39,4
Kaltbelüftung	44	147 ^a	49,9 ^a	7,6 ^a	17,1	34,9 ^b	37,3	59,6	34,3 ^a	5,0 ^a	11,1	24,0 ^b	25,5 ^b	40,1
Entfeuchertrocknung	44	148 ^a	51,0 ^a	7,2 ^a	17,6	35,6 ^b	36,3	60,4	35,0 ^a	4,7 ^a	11,3	24,2 ^b	24,7 ^b	40,2
Silierung	33	159 ^b	64,3 ^b	9,3 ^b	22,6	28,1 ^a	34,2	60,0	41,1 ^b	5,9 ^b	13,1	18,1 ^a	21,8 ^a	37,1
Lagerungsdauer														
Feldbestand	45	155 ^c	63,6 ^c	14,8 ^c	3,3 ^a	38,7 ^b	34,6 ^a	56,7 ^a	41,4 ^b	9,4 ^c	1,9 ^a	24,9 ^b	22,3 ^a	36,3 ^a
Einfuhr Erntegut	45	146 ^{ab}	47,3 ^a	5,9 ^b	20,6 ^b	33,0 ^a	38,8 ^b	59,5 ^{ab}	33,2 ^a	4,0 ^b	12,9 ^b	23,2 ^{ab}	26,7 ^b	40,1 ^b
nach 30 Tagen Lagerung	30	141 ^a	45,8 ^a	4,9 ^a	18,1 ^b	32,7 ^a	38,9 ^b	55,7 ^a	33,0 ^a	3,4 ^a	12,1 ^b	23,6 ^b	27,9 ^b	39,1 ^{ab}
zur Futtervorlage	45	151 ^{bc}	52,4 ^b	4,4 ^a	30,0 ^c	30,0 ^a	34,4 ^a	64,4 ^b	35,0 ^a	2,9 ^a	18,7 ^c	20,3 ^a	23,2 ^a	41,9 ^b
Gesamt	165	145	52,7	7,7	18,0	33,6	36,5	59,3	35,8	5,0	11,3	23,0	24,8	39,4

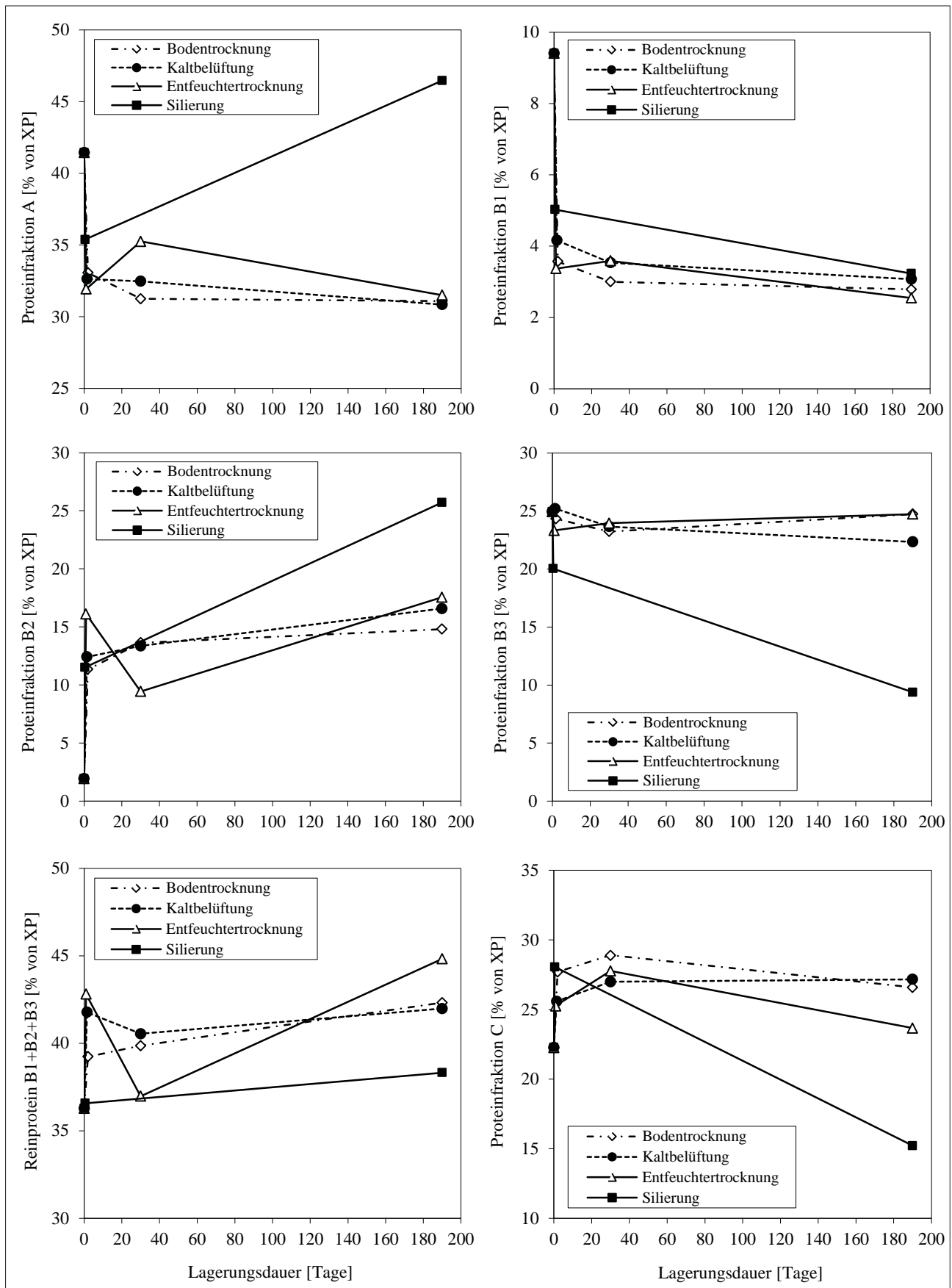


Abbildung 1: Veränderung der Proteinfractionen A, B1, B2, B3 und C in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer (% des Rohproteins)

der Grassilage. Der Anteil an B3-Protein war in Grassilage signifikant geringer als im Heu. Grassilage enthielt gleich viel Reinprotein wie die verschiedenen Konservierungsvarianten des Heus. In den relativen Anteilen der Proteinfraktionen zum Rohprotein wurde klar erkenntlich, dass durch die Gärung der Anteil und der Gehalt an Fraktion A (NPN) erhöht werden, was in den Untersuchungen von VOSS (1967) sowie OHSHIMA und McDONALD (1978) bestätigt wurde. Vorteilhaft war die Tatsache, dass durch die Gärung ein Teil der unverwertbaren C-Fraktion degradiert und damit für den Wiederkäuer verfügbar gemacht wurde. Mit 37,1 % Reinprotein am gesamten Rohprotein wird die Forderung von mindestens 50 % Reinprotein im Gärfutter (SPIEKERS 2011) nicht erfüllt. Die Summe an NPN-Verbindungen und Reinprotein ergab höhere Gehalte an verwertbarem N-Verbindungen in der Grassilage-TM (124 g/kg TM) im Vergleich zu den Heuvarianten (Bodentrocknung 106 g/kg TM; Kaltbelüftung 110 g/kg TM; Entfeuchterrocknung 111 g/kg TM).

Im Durchschnitt aller Untersuchungen bei den 11 Aufwüchsen konnte kein positiv signifikanter Einfluss der Kaltbelüftung oder der Entfeuchterrocknung auf den Anteil der Proteinfraktionen gegenüber der Bodentrocknung ohne Belüftung festgestellt werden. Dennoch weist Heu aus der Entfeuchterrocknung eine etwas günstigere Zusammensetzung in den Proteinfraktionen auf (weniger C, mehr B2, mehr Reinprotein, mehr A, *Tabelle 4*).

Die Veränderungen der Proteinfraktionen in zeitlicher Hinsicht (Feldbestand bis Futtevorlage) waren mehr oder weniger stark ausgeprägt (*Abbildung 1*: Wechselwirkungen Konservierungsverfahren \times Lagerungsdauer). Im Durchschnitt der Versuche zeigte sich eine starke Veränderung in den Gehalten zwischen Mähen und Einfuhr des geernteten Wiesenfutters (*Tabelle 4*). Die Veränderungen in den Proteinfraktionen A, B1 und B2 weisen auf starke proteolytische Vorgänge hin. Während der Lagerungsphase veränderte die Gärung die Proteinfraktionen im Gärfutter wesentlich stärker als die mikrobiologischen Prozesse in der Heulagerungsphase, d.h. die mikrobiologische Desmolyse war bei der Gärung stark ausgeprägt.

4. Fazit für die Praxis

Im Forschungsprojekt „Heutrocknung“ der HBLFA Raumberg-Gumpenstein bestanden zwischen dem Verfahren ‘Silierung’ und ‘Heutrocknung’ deutlichere Unterschiede in den Anteilen der 5 Proteinfraktionen als innerhalb der 3 Verfahren der Heutrocknung (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchterrocknung). Zwischen Mähen und Einfuhr des Ernteguts kam es zu einem signifikanten Abbau und Umbau der einzelnen Proteinfraktionen, wobei vor allem leicht lösliche N-Verbindungen verloren gingen. Die einzelnen Konservierungsverfahren der Heutrocknung unterschieden sich in den Proteinfraktionen im Durchschnitt der Versuche nicht voneinander, d.h. die Abbaurate des Proteins von Heu aus der Bodentrocknung war ähnlich wie jene des Heus aus der Kaltbelüftung oder Entfeuchterrocknung. Während der Lagerung der Futterkonserven waren die Veränderungen der Proteinfraktionen in den einzelnen Heutrocknungsverfahren geringfügig, während beim Gärfutter deutliche Veränderungen auftraten.

5. Literatur

- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer 7. erweiterte und überarbeitete Auflage. Herausgeber: Universität Hohenheim-Dokumentationsstelle, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.
- EDMUNDS, B., K.-H. SÜDEKUM, H. SPIEKERS und F.J. SCHWARZ, 2012a: Estimating ruminal crude protein degradation of forages using in situ and in vitro techniques. *Anim. Feed Sci. Technol.* 175, 95-105.
- EDMUNDS, B., H. SPIEKERS, K.-H. SÜDEKUM, H. NUSSBAUM, F.J. SCHWARZ und R. BENNETT, 2012b: Effect of extent and rate of wilting on nitrogen components of grass silage. *Grass Forage Sci.* 69, 140-152.
- FOX, D.G., C.J. SNIFFEN, J.D. O'CONNOR, J.B. RUSSELL und P.J. Van SOEST, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 3. Cattle requirements and diet adequacy. *J. Anim. Sci.* 70, 3578-3596.
- FOX, D.G., T.P. TYLUTKI, J.B. RUSSELL, M.E. Van AMBURGH, L.E. CHASE, A.N. PELL und T.R. OVERTON, 2004: The Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Anim. Feed Sci. Technol.* 112, 29-78.
- GRUBER, L., 2009: Chemische Zusammensetzung, Analytik und Bedeutung pflanzlicher Gerüstsubstanzen in der Ernährung der Wiederkäuer. *Übers. Tierernährg.* 37, 45-86.
- GRUBER, L., S. GRAGGABER, W. WENZL, G. MAIERHOFER, B. STEINER und L. HABERL, 2004: Gehalte an Kohlenhydraten und Protein in Wiesenfutter und Silomais nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) sowie Einfluss der Konservierung (Grünfutter, Silage, Heu). 116. VDLUFA-Kongress, 13.-17. Sept. 2004, Rostock, Kongressband, 366-376.
- HOEDKE, S., M. GABEL und A. ZEYNER, 2010: Der Proteinabbau im Futter während der Silierung und Veränderungen in der Zusammensetzung der Rohproteinfraktion. *Übers. Tierernährg.* 38, 157-179.
- KEMBLE, A.R., 1956: Studies on the nitrogen metabolism of the ensilage process. *J. Sci. Food Agric.* 7, 125-130.
- KJELDAHL, J., 1883: Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Zeitschrift für Analytische Chemie*, 366-382.
- KRISHNAMOORTHY, U., T.V. MUSCATO, C.J. SNIFFEN und P.J. Van SOEST, 1982: Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 65, 217-225.
- 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., A.R. HENDERSON und S.J.E. HERON, 1991: *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe Publications, 2nd Ed., Marlow, 340 S.
- OHSHIMA, M. und P. McDONALD, 1978: Review of changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. *J. Sci. Food Agric.* 29, 497-505.
- PÖLLINGER, A., 2014: Heutrocknungsverfahren im Vergleich. Bericht 19. Alpenländische Expertenforum, 3. April 2014, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 35-44.
- PÖLLINGER, A., 2015: Technische Kennzahlen zu verschiedenen Heutrocknungsmethoden. Bericht 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 41-48.
- RESCH, R., T. GUGGENBERGER, G. WIEDNER, A. KASAL, K. WURM, L. GRUBER, F. RINGDORFER und K. BUCHGRABER, 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. *Der Fortschrittliche Landwirt* 24, ÖAG-Sonderbeilage 8/2006, 20 S.

- RESCH, R., 2011: Raufutterqualität auf österreichischen Betrieben. Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Tätigkeit Nr. 3583, 56 S.
- RESCH, R., 2014: Auswirkungen unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Raufutterqualität. Bericht zum 19. Alpenländischen Expertenforum, 3. April 2014, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 45-54.
- ROOKE, J.A. und R.D. HATFIELD, 2003: Biochemistry of ensiling. In: BUXTON, D.R., R.E. MUCK und J.H. HARRISON (Hrsg.): Silage Science and Technology. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA, Agronomy 42, 95-139.
- RUSSELL, J.B., J.D. O'CONNOR, D.G. FOX, P.J. Van SOEST und C.J. SNIFFEN, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminant fermentation. J. Anim. Sci. 70, 3551-3561.
- SEYFARTH, W., O. KNABE und G. WEISE, 1989: Protein degradation during silaging of green fodder. Arch. Anim. Nutr. 39, 685-691.
- SNIFFEN, C.J., J.D. O'CONNOR, P.J. Van SOEST, D.G. FOX und J.B. RUSSELL, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci. 70, 3562-3577.
- SPIEKERS, H., 2011: Ziele in der Wiederkäuerfütterung. In: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 13-17.
- TILLEY, J.M.A und R.A. TERRY, 1963: A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc. 18, 104-111.
- Van SOEST, P.J. und J.B. ROBERTSON, 1980: Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: Standardization of Analytical Methodology for Feeds. Eds.: W.J. Pigden, C.C. Balch und M. Graham, Int. Dev. Res. Center, ON, Ottawa, Canada, 49-60.
- Van SOEST, P.J., J.B. ROBERTSON und B.A. LEWIS, 1991: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583-3597.
- VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VOSS, N., 1967: Untersuchungen über Proteinabbau in Gras- und Luzernesilagen. Das Wirtschaftseigene Futter 13, 130-145.
- 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. Der Fortschrittliche Landwirt 32, ÖAG-Sonderbeilage 4/2014, 11 S.