

Nutztiere

Mikrobiologische Qualität und Nährwert von Feuchtheu

Marco Meisser, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere (RAP), CH-1725 Posieux¹⁾

Auskünfte: E-Mail: m.meisser@srva.ch

1) Aktuelle Adresse: Service romand de vulgarisation agricole, CH-1000 Lausanne 6

Zusammenfassung

Konservierungsmittel auf der Basis von Propionsäure stabilisieren Dürrfutter, das zuviel Restfeuchte enthält. Mit dem vermehrten Einsatz von Grossballenpressen ist das Interesse an Konservierungszusätzen gestiegen. Während dadurch die Erntearbeiten schlagkräftiger wurden, ist die Konservierung besonders im Fall einer ungenügenden Abtrocknung von Dürrfutter (TS-Gehalt < 85 %) heikler geworden.

Die Eidgenössische Forschungsanstalt von Posieux (RAP) hat im Rahmen eines praxisnahen Versuches die mikrobiologische Qualität und den Nährwert von Emd untersucht, das bei einem TS-Gehalt von 76 % zu Rundballen gepresst und mit einem Konservierungsmittel behandelt wurde. Die Untersuchung wurde als Zweifaktorenversuch angelegt, nämlich Dosierung des Konservierungsmittels und Pressentyp. Pressen mit konstanter Presskammer haben sich als besser geeignet erwiesen als solche mit variabler Presskammer. Eine Presse mit konstanter Presskammer liefert Ballen mit einem relativ weichen Kern, was das Entweichen von Restfeuchte erleichtert. Auch wenn das Konservierungsmittel die Futtererwärmung eindämmen konnte, so befriedigte seine pilzhemmende Wirkung nicht immer, denn einige behandelte Ballen wiesen einen hohen Schimmelpilzbefall auf. Wesentliche Unterschiede in den Nährstoffgehalten zwischen behandelten und unbehandelten Emdballen konnten einzig beim Zucker beobachtet werden. Der deutlich tiefere Zuckergehalt in den unbehandelten Varianten ist Ausdruck einer vermehrten mikrobiellen Tätigkeit.

Hinsichtlich des Proteinwertes hat diese Untersuchung bestätigt, dass eine Futtererwärmung die Abbaubarkeit des Rohproteins im Pansen merklich vermindert.

Durch den Einsatz von Konservierungsmitteln bei Feuchtheu erwärmt sich das Futter weniger stark. Das Fehlen einer Erwärmung ist aber noch keine Garantie für schimmelfreies Futter (Foto: U. Wyss, RAP).



Die Forschung beschäftigt sich schon seit Jahrzehnten mit Konservierungsmitteln, die ungenügend getrocknetes Dürrfutter stabilisieren sollen. In Nordamerika, wo die Luzerneheuproduktion von grosser Bedeutung ist, hat das Problem der Bröckelverluste die Entwicklung von Konservierungsmitteln und ihre Anwendungstechnik vorangetrieben. In der Schweiz ist der Einsatz von Konservierungsmitteln relativ neu. Er hängt mit dem Aufkommen der Grossballenpressen zusammen. Es werden damit in erster Linie Qualitätsziele (hygienische Qualität) verfolgt, aber auch technisch-wirtschaftliche Einschränkungen sind mitunter ein Anwendungsgrund. Die Unsicherheiten auf dem Milchmarkt veranlassen einige Landwirte in der Siloverbotszone, einem Futtersystem mit möglichst geringen Investitionen den Vorzug zu geben.

Bei den Konservierungsmitteln für Feuchtheu handelt es sich um Derivate der Propionsäure. Während diesen im Labor eine sehr gute Wirksamkeit nachgewiesen werden kann, fallen die Ergebnisse unter Praxisbedingungen nicht immer zufriedenstellend aus. Ausschlaggebender Faktor einer guten Wirksamkeit ist die Anwendungstechnik (Dosierung, Verteilung). In dieser Beziehung sind noch einige Anstrengungen für Verbesserungen von Nöten. In Zusammenarbeit mit einem Lohnunternehmer hat die Eidgenössische Forschungsanstalt von Posieux (RAP) einen Versuch zur Abklä-

rung der Faktoren Dosierung und Pressentyp durchgeführt. Ein Teil des in diesem Versuch produzierten Dürrfutters wurde in einem Folgeversuch verwendet, worin der Einfluss der Futtererhitzung auf die *in vivo* Verdaulichkeit und die *in sacco* Abbaubarkeit des Rohproteins im Pansen untersucht wurde.

Versuchsordnung

Naturwiesenfutter des zweiten Schnittes wurde bei einem Trockensubstanzgehalt (TS) von durchschnittlich 76 % zu Rundballen gepresst. Die sechs Versuchsverfahren umfassten einerseits drei Dosierungsstufen (0; 1,6 l; 2,0 l Konservierungsmittel pro Balle) und andererseits zwei Pressentypen (konstante und variable Presskammer). Das verwendete Konservierungsmittel enthielt 92 % stabilisierte Propionsäure (Ammoniumsalz). Sobald die Schwaden angelegt waren, wurde die Versuchspartizelle in drei vollständige Blöcke unterteilt. Die beiden Pressentypen produzierten Ballen mit vergleichbarem Volumen und Pressdichte (1,4 m³ bzw. 140 bis 150 kg TS/m³). Am Erntetag wurde von den 18 Ballen eine erste Bohrlochprobe im oberen Ballenteil entnommen. Während der Konservierung wurde die Ballenkerntemperatur regelmäßig gemessen. Rund 140 Tage nach der Ernte wurde eine zweite Serie von Futterproben entnommen. Bei jeder Balle wurden vier Bohrungen im mittleren und unteren Teil vorgenommen und zu einer Mischprobe vermischt. In den Mischproben wurden die Rohnährstoffe, die Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) und die Keimzahlen bestimmt.

Von den 18 Ballen wurden fünf, das heisst zwei behandelte und drei unbehandelte Ballen für zusätzliche Abklärungen ausgewählt. Dabei wurden die Auswirkungen einer Futtererwär-

mung auf folgende Verdauungsparameter untersucht:

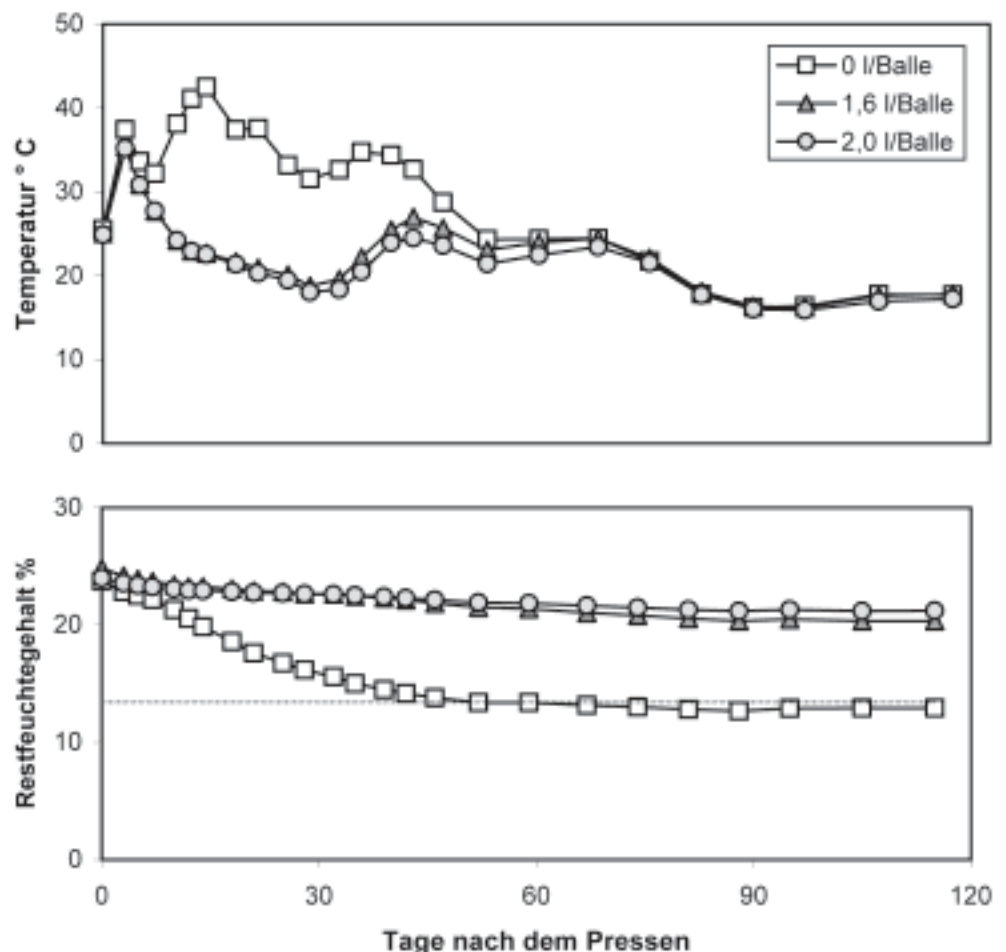
- die Abbaubarkeit des Rohproteins (RP) nach der *in sacco* Methode wurde an zwei trocken-gestellten, mit einer Pansenfistel ausgestatteten Milchkühen gemessen. Die Berechnung der Abbaubarkeit (aRP) erfolgte nach dem Modell von Kristensen et al. (1982). Von den gleichen Proben wurde die *in vitro* Produktion der Gärgase ermittelt. Dazu wurden die Futterproben während 8 Stunden in einer gepufferten Pansensaftlösung inkubiert. Die beiden Messungen wurden mit Pansensaft der gleichen Tiere und im Abstand einer Woche durchgeführt. Die den Kühen vorgelegte Versuchsration war für beide Versuchsperioden identisch.

- die fünf Dürrfutterproben wurden zur Bestimmung der *in vivo* Verdaulichkeit der Nährstoffe an Schafe verfüttert. Die eigentliche Messperiode, die sich auf zwei Wochen erstreckte, folgte auf eine Angewöhnungsphase. Die Rationen wurden auf zwei Mahlzeiten pro Tag aufgeteilt und dem Bedarf entsprechend mit Mineralstoffen und Vitaminen ergänzt.

Konservierungsergebnisse

Das Konservierungsmittel hat die Erwärmung der Dürrfutterballen deutlich eingeschränkt, wobei die beiden Dosierungsstufen (1,6 und 2,0 l pro Balle) sich in ihrer Wirkung kaum unterscheiden (Abb.1). Dieser Befund stimmt mit der Arbeit von Sonnenberg und Küntzel (1982) überein, die unter vergleichba-

Abb. 1. Einfluss der Dosierung eines Konservierungsmittels auf den Temperaturverlauf und Restfeuchtegehalt der Dürrfutterballen.





Je nach Pressentyp lässt sich der Ballenkern mehr oder weniger stark verdichten und bei weichem Ballenkern kann die Restfeuchte besser entweichen (Foto: U. Wyss, RAP).

Abb. 2. Einfluss des Pressentyps auf den Temperaturverlauf.

ren Bedingungen (Rundballen, 77 % TS) nachgewiesen haben, dass 4 l Propionsäure pro Tonne Heu genügt, um die Erwärmung vollständig zu unterbinden. Des Weiteren hat unser Versuch bestätigt, dass sich das Futter in Ballen, die mit einer Presse mit konstanter Presskammer hergestellt wurden, weniger stark erwärmen und sich besser eignen als solche mit variabler

Presskammer (Abb. 2). Eine Presse mit konstanter Presskammer produziert Ballen mit einem vergleichsweise weichen Kern (40 bis 50 kg/m³), was die Abführung von Restfeuchte erleichtert. Variable Presskammern erzeugen hingegen Ballen mit einer über den ganzen Durchmesser relativ gleichmässigen Pressdichte von 80 bis 120 kg/m³ im Kernbereich.

Der Verlauf des Wassergehaltes im Dürrfutter hängt von den in den Ballen herrschenden Temperaturbedingungen ab (Abb. 1). Bei starkem mikrobiellen Wachstum «schwitzen» die Ballen und das überschüssige Wasser (Restfeuchte) entweicht im Verlaufe der ersten Lagerungswochen. In behandelten Ballen, in denen kaum eine Erwärmung stattfand, hat sich der TS-Gehalt praktisch nicht verändert.

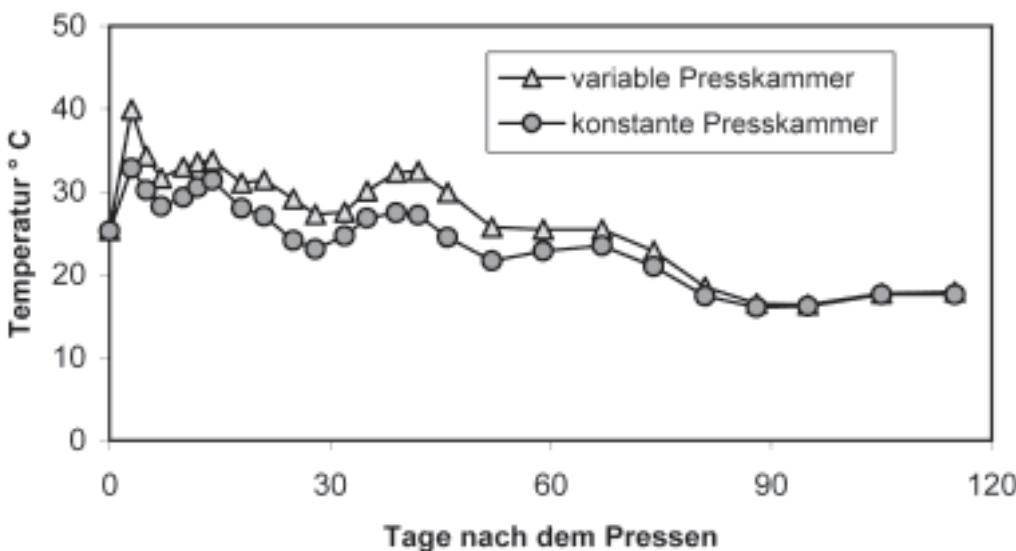
Nährstoff- und Energiegehalt

Die chemische Zusammensetzung des Feuchtheues am Press-tag wies nur geringe Variationen auf (Tab. 1). Nach einer Lagerdauer von 136 Tagen sind dosisierungsabhängig signifikante Unterschiede in den Nährstoffen aufgetreten. Der Pressentyp hat dagegen keinen Einfluss ausgeübt (Tab. 2).

Die Unterschiede im Gehalt an organischer Substanz (OS), Zellwänden (NDF) und Lignozellulose (ADF) sind eine Folgerscheinung des Zuckerabbaus. Dieser Nährstoff stellt für Mikroorganismen die am leichtesten verfügbare Energiequelle dar. Die Veränderungen im Zuckergehalt widerspiegeln üblicherweise das Ausmass mikrobieller Tätigkeit recht gut.

Das Rohprotein ist ein Sonderfall. Die Auswirkungen einer Futtererwärmung auf den Proteinwert werden mit den klassischen Analysen nicht erfasst. Die chemischen, nicht enzymatischen Veränderungen, die in der Regel ab 45 bis 50°C ablaufen, sind qualitativer Art: das Protein wird nicht «verbrannt» (oxidiert) sondern denaturiert. Beim Raufutter ist der Anteil an unlöslichem Stickstoff am Gesamtstickstoff NADF/Ges.-N) eine Möglichkeit, um einen veränderten Proteinwert infolge einer Hitzeschädigung nachzuweisen. Mit dieser Verhältniszahl kann der Anteil an schlecht verdaulichem Protein geschätzt werden. Die in unserem Versuch gemessenen Temperaturen blieben unterhalb von 45 °C und so hat der Anteil an schlecht verdaulichem Protein 5 % nicht überstiegen. Für Futter einer gräserreichen Wiese werden Werte von 5 bis 7 % als normal eingestuft. Aufgrund dieser Tatsache sind die in unserem Versuch hervorgegangenen statistischen Unterschiede doch zu relativieren (Tab. 2).

Die Behandlung mit Propionsäure hat die Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) signifikant verbessert. Hinsichtlich des Energiewertes erreichen die Unterschiede 0,2 MJ NEL/kg TS, was auf eine Hektar bezogen eine Differenz von 586 MJ NEL ausmacht.



Mikrobiologische Qualität

In den unbehandelten Varianten war der Schimmelpilzbefall sehr hoch, während in den behandelten Ballen die mikrobiologische Qualität nicht einheitlich verbessert wurde. In zwei der vier Verfahren hat das Konservierungsmittel das mikrobielle Wachstum offensichtlich nur abgebremsst (Abb. 3). Die Analysenwerte legen die Vermutung nahe, dass sich eine Lagerflora gebildet hat. Da keine ausgeprägte Temperaturerhöhung beobachtet wurde, kann angenommen werden, dass die durch metabolische Prozesse freigewordene Wärme ein limitiertes Ausmass erreichte und fortwährend abgeführt werden konnte. Die Abwesenheit einer Erwärmung ist demnach nicht zwingend ein Beweis für eine gute mikrobiologische Qualität. Wir konnten eine enge, lineare Beziehung zwischen den TS-Verlusten während der Lagerung und dem Grad des Schimmelpilzbefalles (Keimzahlen) nachweisen (Abb. 4).

Die für aerobe, mesophile Bakterien bestimmten Keimzahlen erreichten sehr tiefe Werte. Im Allgemeinen reagieren Bakterien im Vergleich zu Schimmelpilzen und Hefen empfindlicher auf trockene Bedingungen und wachsen erst bei einem Wassergehalt von über 21 % (Meisser 2001).

Beziehung zwischen Proteinwert und Futtererwärmung

Eine Futtererwärmung ist vor allem für den Proteinwert negativ. Dabei wird mitunter vergessen, dass auch eine verminderte Abbaubarkeit des Proteins im Pansen bewirkt wird. Dieser positive Effekt ist aus den Messungen an den fünf ausgewählten Ballen ersichtlich: zwischen den Verfahren unterscheiden sich die Abbaubarkeitswerte bis zu 13 Einheiten (Tab. 3). Die über

Tab. 1. Ernteverfahren und Nährstoffgehalte vor der Konservierung

		Dosierung (Liter/Balle)				Pressentyp		\bar{Sx}
		0	1,6	2,0	\bar{Sx}	konstant	variabel	
OS ¹	g/kg TS	898	895	898	7,0	895	899	4,7
RP ²	g/kg TS	128	126	124	3,9	125	127	3,6
ADF ³	g/kg TS	257	263	264	3,2	264	259	2,1
NDF ⁴	g/kg TS	450	463	463	5,6	459	458	4,3
Zucker	g/kg TS	136	133	133	4,4	131	137	3,4
NADF/Ges.-N ⁵	%	3,4	3,8	2,9	0,05	3,6	3,1	0,15
vOS ⁶	%	68,5	67,7	67,5	0,69	67,8	68,0	0,48

1: organische Substanz; 2: Rohprotein; 3: Lignozellulose; 4: Zellwände

5: Anteil unlöslicher Stickstoff am Gesamtstickstoff; 6: Verdaulichkeit der organischen Substanz
Ballenvolumen: 1.54 m³; Gewicht am Erntetag: rund 300 kg (\pm 13).

Tab. 2. Ernteverfahren und Nährstoffgehalte nach der Konservierung

		Dosierung (Liter/Balle)				Pressentyp		\bar{Sx}
		0	1,6	2,0	\bar{Sx}	konstant	variabel	
OS ¹	g/kg TS	910 ^a	919 ^b	917 ^{ab}	2,2	915	916	1,8
RP ²	g/kg TS	130	123	126	2,5	127	125	2,0
ADF ³	g/kg TS	293 ^b	279 ^a	276 ^a	2,4	281	284	1,9
NDF ⁴	g/kg TS	509 ^c	482 ^b	467 ^a	3,2	486	486	2,6
Zucker	g/kg TS	94 ^a	141 ^c	133 ^b	1,3	121	124	3,3
NADF/Ges.-N ⁵	%	4,2 ^b	2,2 ^a	1,9 ^a	0,30	2,9	2,6	0,13
vOS	%	64,8 ^a	66,2 ^{ab}	67,5 ^b	0,48	66,0	66,4	0,36

Werte einer Linie mit unterschiedlichen Exponenten sind signifikant verschieden (P < 0,05)

1: organische Substanz; 2: Rohprotein; 3: Lignozellulose; 4: Zellwände

5: Anteil unlöslicher Stickstoff am Gesamtstickstoff; 6: Verdaulichkeit der organischen Substanz

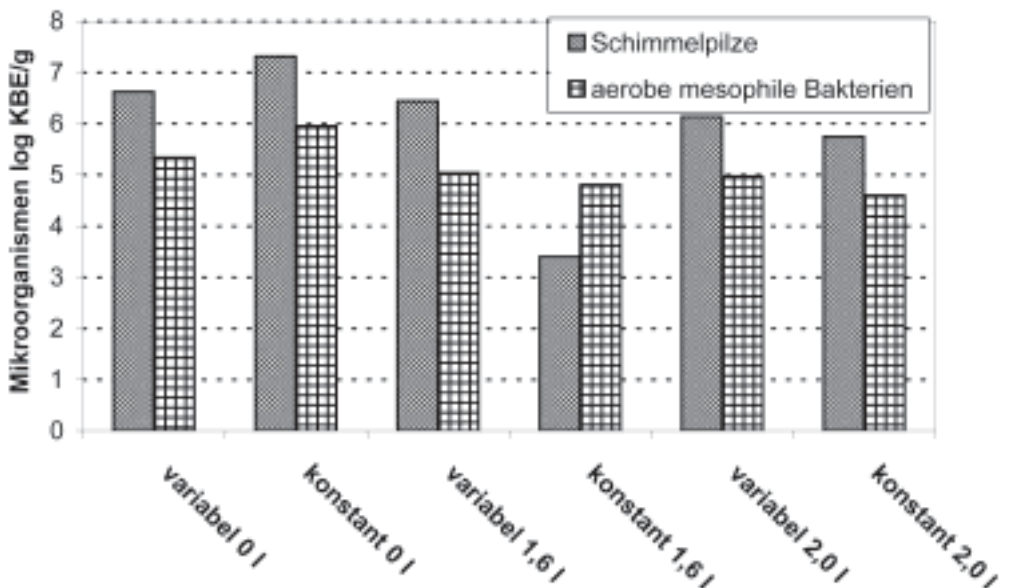


Abb. 3. Einfluss des Pressentyps und eines Konservierungsmittels auf den Befall an Schimmelpilzen und aeroben mesophilen Bakterien (KBE: koloniebildende Einheiten).

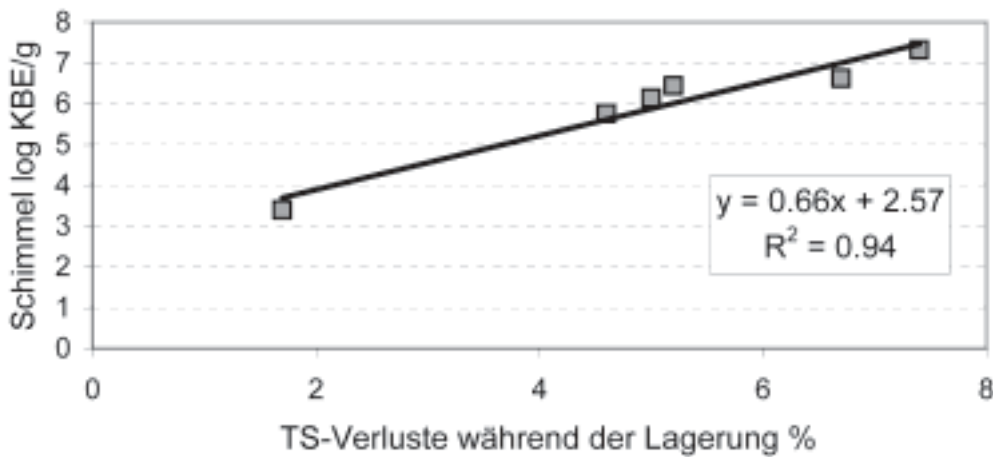


Abb. 4. Beziehung zwischen Schimmelpilzbefall und TS-Verlusten (KBE: koloniebildende Einheiten).

den ersten Monat gemittelte Temperatur in den Dürrfutterballen korreliert eng mit der Abbaubarkeit des RP ($r^2 = 0,98$). In unserem Versuch nahm pro Grad Erwärmung die Abbaubarkeit des RP im Durchschnitt um 0,65 Einheiten ab.

Die Verdaulichkeit des Rohproteins (vRP) variierte über einen Bereich von 9 Einheiten. Allerdings kann keine klare Tendenz abgeleitet werden. Es ist schwierig, die Auswirkung einer Futtererwärmung auf den APD-Gehalt beurteilen zu wollen. Dazu müsste der Anteil des Futterproteins bestimmt werden und die Verdaulichkeit der aus dem Futter stammenden Aminosäuren (vASF) bekannt sein. Die Beziehung zwischen vRP und vASF ist

weder eng noch systematisch. Die recht tiefen Werte für den Anteil an unlöslichem Stickstoff am Gesamtstickstoff sind ein Hinweis darauf, dass die vASF nicht beeinträchtigt wurde. Hinsichtlich des Anteils Mikrobenprotein kann angenommen werden, dass die Erwärmung das Ausmass der Proteinsynthese im Pansen verringert hat, auch wenn recht kleine Unterschiede in der vOS (2 Einheiten) zwischen behandelten und unbehandelten Emdballen ermittelt wurden. Die über die Gärgase erfasste Fermentierbarkeit der organischen Substanz weist eine grössere Streubreite auf, die rund 20 % beträgt (Tab. 3). Als eine der Variationsursachen kommt der ausgeprägte Zuckerabbau in den unbehandelten Emdballen in Frage.

Die verminderte Abbaubarkeit und vASF verhalten sich antagonistisch, was die Abschätzung der Effekte auf den APD-Gehalt schwierig macht. Durch die in unserem Versuch verhältnismässig moderaten Temperaturen ($< 45\text{ °C}$) scheint der erste Vorgang stärker betroffen zu sein als der zweite. Zudem sind unter diesen Bedingungen allerdings keine grossen Differenzen im APD-Gehalt zu erwarten.

Schlussfolgerungen

■ Der an der RAP durchgeführte Versuch hat aufgezeigt, dass das verwendete Konservierungsmittel «Feuchtheu» wirksam stabilisieren konnte. Allerdings ist die Anwendungstechnik heikel. Von ihr hängt ein befriedigendes Konservierungsergebnis massgeblich ab.

■ Der Einsatz eines wirksamen Konservierungsmittels bei ungenügend getrocknetem Dürrfutter dämmt die Erwärmung der Ballen entscheidend ein. Das Fehlen einer Erwärmung ist aber noch keine Garantie für schimmelfreies Futter.

■ Solange die Balleninnentemperatur 50 °C nicht überschreitet, sind Konservierungsprobleme hauptsächlich mikrobiologischer Art und betreffen nicht den Nährwert.

Tab. 3. Abbaubarkeit des Rohproteins, Verdaulichkeiten sowie Gärgasvolumen von 5 Dürrfutterproben

		Dosierung (Liter/Balle)				
		0	0	0	1,6	2,0
Durchschnittstemperatur						
Konservierung ¹	°C	36,9	40,6	31,7	21,3	22,8
aRP ²	%	48,3	44,5	51,0	56,8	57,7
vRP <i>in vivo</i> ³	%	57,3	54,3	62,9	63,2	56,9
vOS <i>in vivo</i> ⁴	%	72,3	72,1	71,8	73,7	73,8
relatives Gasvolumen ⁵		100,8	110,4	100,3	135,2	123,5

1: Durchschnittliche Temperatur während des ersten Konservierungsmonates

2: Abbaubarkeit des Rohproteins; 3: Verdaulichkeit des Rohproteins; 4: Verdaulichkeit der organischen Substanz

5: Werte nach 8 Stunden Inkubation gemessen und relativ zur Referenzprobe (Raigras = 100) ausgedrückt

Literatur

■ Kristensen E.S., Møller P.D., Hvelplund T., 1982. Estimation of the effective protein degradability in the rumen of cows using the nylon bag technique combined with the outflow rate. *Acta Agric. Scand.* **32**, 123-127.

■ Meisser M., 2001. Konservierung von Feuchtheu. *Agrarforschung* **8** (2), 87-92.

■ Sonnenberg H., Küntzel U., 1982. Stabilisierung von feuchtem Heu. 1. Mitteilung: Versuche mit Ammoniumpropionat. *Landbauforschung Völkenrode* **32** (1), 21-26.

RÉSUMÉ

Foin humide: qualité microbiologique et valeur nutritive

Les conservateurs à base d'acide propionique permettent de stabiliser le foin qui n'est pas parfaitement sec. L'intérêt pour ces additifs s'explique notamment par l'important développement ces dernières années des presses à grandes balles. Alors que le travail de récolte a gagné en efficacité, la conservation est devenue plus délicate, tout particulièrement lorsque le fourrage est récolté avec des teneurs en matière sèche (MS) insuffisantes (< 85%).

La Station fédérale de Posieux (RAP) a réalisé une étude en conditions pratiques afin d'évaluer la qualité microbiologique et la valeur nutritive d'un regain pressé en balles rondes à 76 % de MS et traité avec l'un de ces produits. Les variantes d'essai portaient sur le dosage du conservateur et le type de presse. L'essai a montré que les presses équipées d'une chambre de compression à volume fixe conviennent mieux que les presses à volume variable. Les premières produisent des balles dont le cœur est relativement mou, ce qui facilite l'élimination de l'humidité excédentaire. Si le conservateur a permis de limiter l'échauffement, son action fongistatique n'a pas toujours été satisfaisante. En effet, certaines balles traitées présentaient des charges en moisissures élevées. En ce qui concerne les teneurs en nutriments, les seules différences importantes que nous avons constatées entre les variantes traitées et non traitées concernent les teneurs en sucre. Ces dernières – beaucoup plus basses chez les variantes non traitées – reflètent le développement microbien. Enfin, au niveau de la valeur azotée, cette étude a confirmé que l'échauffement entraîne une baisse sensible de la dégradabilité de la matière azotée dans le rumen.

SUMMARY

Microbiology and nutritive value of moist hay

Preservatives on the basis of propionic acid help to stabilise not perfectly dry hay. These past years, the interest in these types of preservatives has been growing mostly due to the increasing use of big balers. While harvesting has become more efficient, the conservation turns out to be more delicate, particularly in the case of roughage harvested with an insufficient dry matter content (DM < 85 %).

The Swiss Federal Research Station of Posieux (RAP) has investigated under field conditions the microbiological quality and nutritive value of second-cut hay, which was pressed to round bales on attaining a dry matter content of 76 % and which was treated with a preservative. The two-factorial design comprised preservative dosage and baler type. Big balers with a constant press chamber proved to be better suited than those with a variable press chamber. The former produce bales with a relatively soft core which facilitates the elimination of excess moisture. Even though the preservative has limited the raise in temperature, its fungi-static effect was unsatisfactory in certain cases. Some treated bales presented a high degree of mould infection. The only distinct difference in nutrient contents between treated and untreated bales concerned sugar. The significantly lower sugar contents of untreated bales reflect microbial growth and activity. With respect to protein value, this study has confirmed that the heating-up of forage causes a noticeably reduced rumen degradability of crude protein.

Key words: moist hay, big bales, preservative, microbiology, nutritive value