

Einfluss der Silage- und Heubereitung auf die Proteineffizienz von Milchkühen

U. Wyss¹, C. Böttger², F. Dohme-Meier¹ und K.-H. Südekum²

¹Agroscope, 1725 Posieux, Schweiz

²Institut für Tierwissenschaften, Universität Bonn, 53115 Bonn, Deutschland

Kontakt: Ueli Wyss, ueli.wyss@agroscope.admin.ch

Einleitung

Der Einsatz von qualitativ hochwertigen Futterkonserven und der massvolle Einsatz von Kraftfuttermitteln sind in der Schweiz wichtige Voraussetzungen zur kostengünstigen Milch- und Fleischproduktion. Das Leistungsniveau der heutigen Milchkühe stellt jedoch hohe Anforderungen an deren Energie- und Proteinversorgung. Aus diesem Grund wurden die Futterbewertungssysteme im Laufe der Zeit immer detaillierter. Im Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) werden beispielsweise fünf verschiedene Rohproteinfraktionen in Abhängigkeit ihrer Abbaueigenschaften im Pansen beschrieben: schnell löslicher Nichtprotein-Stickstoff (NPN – Fraktion A), im Pansen abbaubares Protein mit hoher, mittlerer und geringer Abbaurate (Fraktionen B1, B2 und B3) sowie zellwandgebundenes, nicht abbaubares Protein (Fraktion C) (Licitra et al., 1996; Sniffen et al., 1992).

Bei der Silageherstellung ist bekannt, dass es durch die bei der Silierung stattfindenden Prozesse der Proteolyse und Desmolyse zu einem Verlust an Reinprotein und damit zu einem Anstieg der leicht löslichen NPN-Fraktion kommt (Hoedtke et al., 2010). Die Pansenmikroben nutzen sowohl das Protein des Futters als auch NPN Verbindungen zur Synthese ihres eigenen Proteins. Hierzu nutzen sie zudem Ammoniak, der beim Abbau von Aminosäuren und NPN im Pansen entsteht. Eine übermässige Zufuhr an NPN und / oder eine mangelnde Zufuhr an Energie bei gleichzeitig hohen Mengen an Protein kann zu einem deutlichen Anstieg der Ammoniakmengen führen, was steigende Harnstoffgehalte im Blut und Harn zur Folge hat. Eine übermässige Beanspruchung der Leber aufgrund der Harnstoffsynthese kann sich negativ auf die Gesundheit und Leistung der Tiere auswirken. Zudem belasten die erhöhten Stickstoffausscheidungen die Umwelt (Russell et al., 1992; Kingston-Smith und Theodorou, 2000; Walker et al., 2005).

Bei der Dürrfutterherstellung gibt es nur wenige Untersuchungen, die den Einfluss von verschiedenen Heukonservierungsverfahren auf die Rohproteinfraktionen untersucht haben. Nach Resch und Gruber (2015) führten die drei Heutrocknungsverfahren Bodenheu, kaltbelüftetes und ent-

feuchtetes Heu, zu keinen signifikanten Unterschieden bei den Proteinfractionen. Auch die Lagerung hatte nur einen geringfügigen Einfluss auf die Proteinfractionen im Heu aus den drei Heutrocknungsverfahren. Demgegenüber traten bei der Silage deutliche Unterschiede in den Proteinfractionen im Vergleich zu denen im Ausgangsmaterial auf.

Das vorliegende Projekt hatte zwei Ziele: (I) Anhand von Futterproben, die auf Pilotbetrieben im Rahmen des Projektes „Systemvergleich Hohenrain II“ (www.milchprojekt.ch; Ineichen et al., 2018) gesammelt wurden, wurde der Einfluss verschiedenen Konservierungsverfahren unter Praxisbedingungen auf die verschiedenen Proteinfractionen des Futters betrachtet. (II) In einem Fütterungsversuch wurde im Vorfeld die Auswirkung von verschiedenen Heutrocknungsverfahren (Belüftungstrocknung und Feldtrocknung) im Vergleich zum Silieren auf die unterschiedlichen Proteinfractionen im Futter geprüft. Anschliessend wurde das konservierte Futter verfüttert, um dessen Einfluss auf die Stickstoffeffizienz von Milchkühen zu untersuchen.

Material und Methoden

Sammlung und Analyse der Proben im Projekt „Systemvergleich Hohenrain II“

Von den insgesamt 38 Pilotbetrieben, die über drei Regionen im schweizerischen Mittelland verteilt waren, wurden Dürrfutter- und Grassilageproben vom Erntejahr 2015 gesammelt und die Nährstoffe analysiert. Zusätzlich wurden in den Proben gemäss Licitra et al. (1996) im kommerziellen Labor LKS (Landwirtschaftliche Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH LKS, 09577 Niederwiesa, Deutschland) die fünf Rohproteinfractionen bestimmt.

Fütterungsversuch

Für den Versuch wurde der vierte Aufwuchs, Alter 34 Tage, einer Kunstwiese am 30. August 2016 gemäht. Die Wiese bestand hauptsächlich aus *Lolium perenne*, *Trifolium repens* und *T. pratense*. Nach einer Anwelkdauer von 24 Stunden und mit einem Trockensubstanz (TS)-Gehalt von durchschnittlich 56 % wurden von einem Drittel des Futters Silage ohne Siliermitteleinsatz in Form von Quaderballen hergestellt (Verfahren Silieren). Ein weiteres Drittel des Futters wurde nach einem zusätzlichen Zettvorgang und zwei Stunden später mit einem durchschnittlichen TS-Gehalt von 68 % auf die Heubelüftung eingeführt und dann auf einen TS-Gehalt von 88 % nachgetrocknet (Verfahren Belüftung). Das restliche Futter verblieb für insgesamt 72 Stunden auf dem Feld, wurde anschliessend mit einem TS-Gehalt von 86 % auch auf die Heubelüftung eingeführt, wo es jedoch nur kurz für einige Stunden belüftet wurde (Verfahren Bodentrocknung). Die Dürrfutter aus den beiden Heutrocknungsverfahren wurden später zu Quaderballen gepresst.

Von Januar bis März 2017 wurde der Fütterungsversuch mit sechs Milchkühen der Rasse Holstein respektive Red Holstein in einem 3×3 lateinischen Quadrat durchgeführt, wobei im Laufe des Versuches alle Kühe alle drei Futterkonserven erhielten. Zu Beginn der ersten Bilanzperiode waren die Kühe 284 ± 7 Tage in Laktation, wiesen eine Milchleistung von 20.2 ± 2.8 kg/Tag auf und hatten ein durchschnittliches Lebendgewicht von 698 ± 65 kg. Jede Versuchsperiode dauerte 21 Tage und bestand jeweils aus einer 14-tägigen Angewöhnungsperiode und einer 7-tägigen Sammelperiode, in der sich die Kühe in Stoffwechselständen befanden und Kot und Harn täglich quantitativ gesammelt wurden. Während der Angewöhnungsperiode erhielten die Kühe das Raufutter ad libitum. Während der Sammelperioden erhielten die Kühe rund 95 % der Raufuttermengen, die sie in den Angewöhnungsperioden gefressen hatten. Pro Tag erhielten die Kühe zusätzlich 300 g einer Mineralstoffmischung. Auf eine Kraftfutterergänzung wurde verzichtet.

In den Sammelperioden wurden täglich die Futteraufnahmen, Milchmengen, Milchinhaltsstoffe, Kotmengen und Urinmengen bestimmt. Am Tag 2 und 5 jeder Sammelperiode wurden mit einer Schlundsonde Pansensaft zur Bestimmung von flüchtigen Fettsäuren und Ammoniak sowie Blut aus der Jugularvene zur Bestimmung von Harnstoff genommen. Die chemische Zusammensetzung des Futters, der Exkremente, des Pansensaftes und des Blutes wurde im Labor von Agroscope analysiert und die fünf Proteinfraktionen im Futter im Labor der Universität in Bonn bestimmt.

Die Auswertung der Daten erfolgte durch eine Varianzanalyse mit der MIXED Prozedur der SAS 9.2 Software (SAS Institute Inc., Cary, NC), wobei Verfahren und Versuchsperiode als fixe Faktoren und Kuh als zufälliger Faktor berücksichtigt wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Proben von den Praxisbetrieben aus dem Projekt „Systemvergleich Hohenrain II“

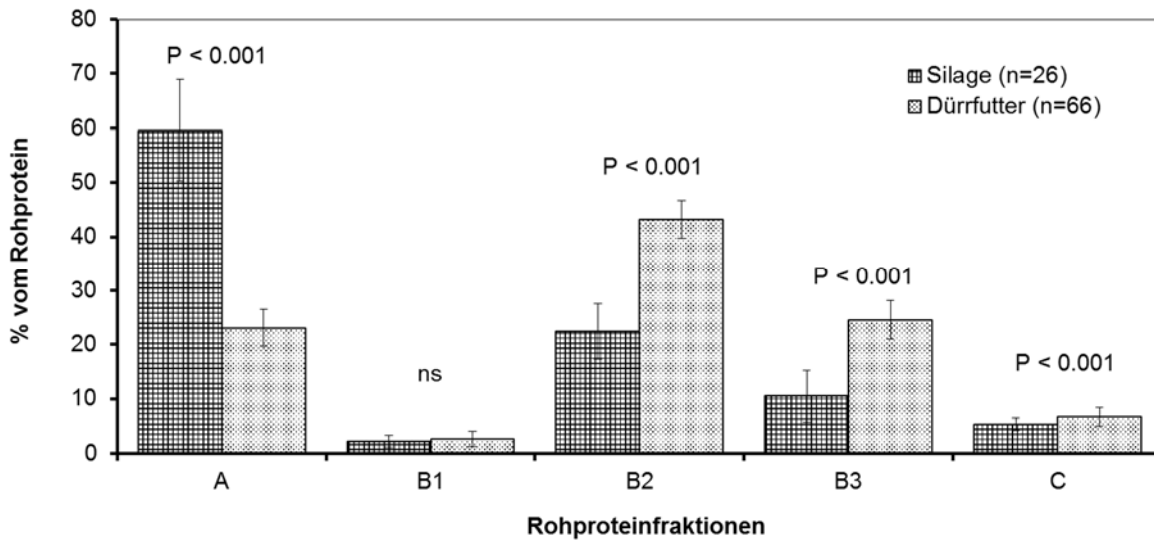


Abb. 1: Rohproteinfraktionen der Dürrfutter- und Silageproben aus dem Systemvergleich Hohenrain II

A: Nicht-Proteinstickstoff, B1, B2 und B3: im Pansen abbaubares Protein mit hoher, mittlerer und geringer Abbaurrate; C: zellwandgebundenes, nicht abbaubares Protein

Die Dürrfutterproben aus der Praxis wiesen im Durchschnitt einen Rohproteingehalt von 128 ± 28 g/kg TS, einen Rohfasergehalt von 269 ± 29 g/kg TS und einen Nettoenergie-Laktation (NEL)-Gehalt von 5.3 ± 0.3 MJ/kg TS auf. Die Silagen hatten einen durchschnittlichen TS-Gehalt von 37 ± 9 % mit 149 ± 33 g/kg TS Rohprotein, 263 ± 39 g/kg TS Rohfaser und 5.5 ± 0.4 MJ/kg TS NEL. Zwischen den Dürrfutter- und Silageproben aus den Praxisbetrieben konnten bei den Proteinfraktionen A, B2, B3 und C statistisch gesicherte Unterschiede festgestellt werden (Abb. 1). Im Vergleich zum Dürrfutter war insbesondere die Proteinfraktion A (NPN-Stickstoff) in den Silagen deutlich höher. Während für die Fraktion B1 kein Unterschied bestand, waren die Fraktionen B2, B3 und C in den Silagen signifikant tiefer als im Dürrfutter. Ähnliche Veränderungen durch die Silage- und Dürrfutterbereitung wurden in der Untersuchung von Wyss (2018) festgestellt. Ein hoher Anteil der Proteinfraktion A in Silagen weist darauf hin, dass das Protein während des Silierprozesses durch die Proteolyse beziehungsweise die proteolytischen Enzyme abgebaut wurde (Kofahl, 2009).

Fütterungsversuch

Die Silage wies einen durchschnittlichen TS-Gehalt von 54 % und einen pH-Wert von 5.5 auf. Milchsäure-, Essigsäure- und Buttersäuregehalte betrugen 27, 5 bzw. 1 g/kg TS. Der Ammoniakstickstoffanteil am Gesamtstickstoff betrug 4.5 % und die Silage erreichte 91 DLG-Punkte, was einer sehr guten Silagequalität entspricht. Die Rohproteingehalte und die NEL-Gehalte waren in der Silage mit 207 ± 7 g/kg TS und 6.0 ± 0.1 MJ/kg TS am höchsten, gefolgt vom Dürrfutter aus der Heubelüftung mit 187 ± 4 g/kg TS und 5.5 ± 0.04 MJ/kg TS und dem Dürrfutter, welches am Boden trocknete, mit 176 ± 3 g/kg TS und 5.4 ± 0.06 MJ/kg TS. Alle drei konservierten Futter wiesen vergleichsweise hohe Rohproteingehalte auf.

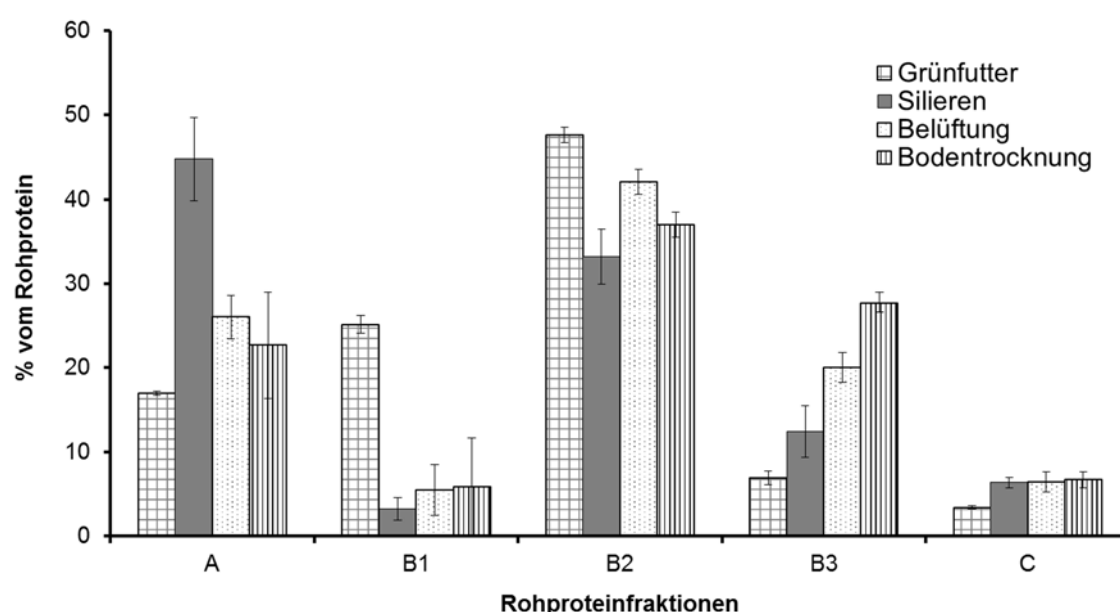


Abb. 2: Rohproteinfraktionen im Grünfutter und den drei Futterkonserven

A: Nicht-Proteinstickstoff, B1, B2 und B3: im Pansen abbaubares Protein mit hoher, mittlerer und geringer Abbaurrate; C: zellwandgebundenes, nicht abbaubares Protein

Die fünf untersuchten Proteinfraktionen im Grünfutter und den drei Futterkonserven sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Werte lagen für die entsprechende Fraktion in ähnlichen Bereichen, wie bei einer früheren Untersuchung (Wyss, 2018). Im Vergleich zu den Werten aus Österreich (Resch und Gruber, 2015) gab es hingegen Abweichungen. Dabei waren unabhängig vom Konservierungsverfahren die Fraktion B2 tiefer und die Fraktionen B3 und C höher als in der vorliegenden Untersuchung.

Bei der Milchmenge und den Milchinhaltsstoffen gab es keine signifikanten Unterschiede ($P > 0.05$) zwischen den drei Verfahren. Die tägliche Milchmenge betrug im Durchschnitt für die drei Verfahren Silieren, Belüftung und Bodentrocknung 19.0 ± 4.9 , 20.4 ± 4.9 und 19.6 ± 5.0 kg mit 4.91 ± 0.31 , 4.85 ± 0.33 und 5.02 ± 0.43 % Fett sowie 3.77 ± 0.31 , 3.79 ± 0.23 und 3.82 ± 0.18 % Eiweiss. Die Kühe, die mit Silage gefüttert wurden, hatten einen tieferen TS-Verzehr (17.3 ± 1.6 kg/Tag) im Vergleich zu Kühen, die mit Dürrfutter aus der Belüftung gefüttert wurden (19.2 ± 2.0 kg/Tag) ($P < 0.05$). Die Kühe, die mit bodengetrocknetem Dürrfutter gefüttert wurden, lagen zwischen den beiden Verfahren (17.9 ± 1.5 kg/Tag). Dass der Verzehr von Silagen im Vergleich zu Dürrfutter, welches vom gleichen Ausgangsmaterial stammt, tiefer ist, zeigen auch andere Untersuchungen (Fasching et al., 2015; Jans, 1991).

Die höchste tägliche N-Aufnahme der Kühe konnte beim Verzehr von Belüftungsdürrfutter, gefolgt von Silage und bodengetrocknetem Dürrfutter festgestellt werden (Abb. 3). Mit der Milch wurde bei der Verfütterung von Belüftungsdürrfutter am meisten N ausgeschieden. Keine Unterschiede konnten bei der N-Ausscheidung über den Kot festgestellt werden. Hingegen war die N-Ausscheidung über den Harn bei der Verfütterung von Silage tendenziell höher als bei der Verfütterung des bodengetrockneten Dürrfutters. Nach Kreuzer und Kirchgessner (1985) wird bei einer Proteinübersversorgung der überschüssige Stickstoff über den Harn ausgeschieden. Zu erwähnen ist, dass die tägliche Harnmenge bei allen Kühen relativ hoch war. Sie betrug im Durchschnitt bei den drei Verfahren Silieren, Belüftung und Bodentrocknung 48.1, 47.5 und 43.3 kg pro Tag. Bracher und Menzi (2015) fanden in verschiedenen Untersuchungen bei Winterrationen tägliche Harnmengen von 22 kg und bei Sommerationen von 35 kg. Neben dem hohen Proteinüberschuss haben dazu sicher auch der hohe Kalium-Gehalt des Futters bzw. die tägliche Kalium-Aufnahme beigetragen (Eriksson, 2011)

Die Stickstoff-Bilanz war mit allen Verfahren negativ, jedoch statistisch nicht unterschiedlich (Abb. 4). Die Ammoniakgehalte im Pansensaft betrugen in den drei Verfahren Silieren, Belüftung und Bodentrocknung 7.38 ± 1.65 , 8.15 ± 0.88 und 6.98 ± 0.94 mmol/l. Diese waren signifikant unterschiedlich ($p < 0.05$). Auch die Ammoniakgehalte im Blut waren signifikant unterschiedlich ($P < 0.001$) und betrugen in den drei Verfahren Silieren, Belüftung und Bodentrocknung 7.23 ± 0.52 , 7.22 ± 0.61 und 6.45 ± 0.37 mmol/l.

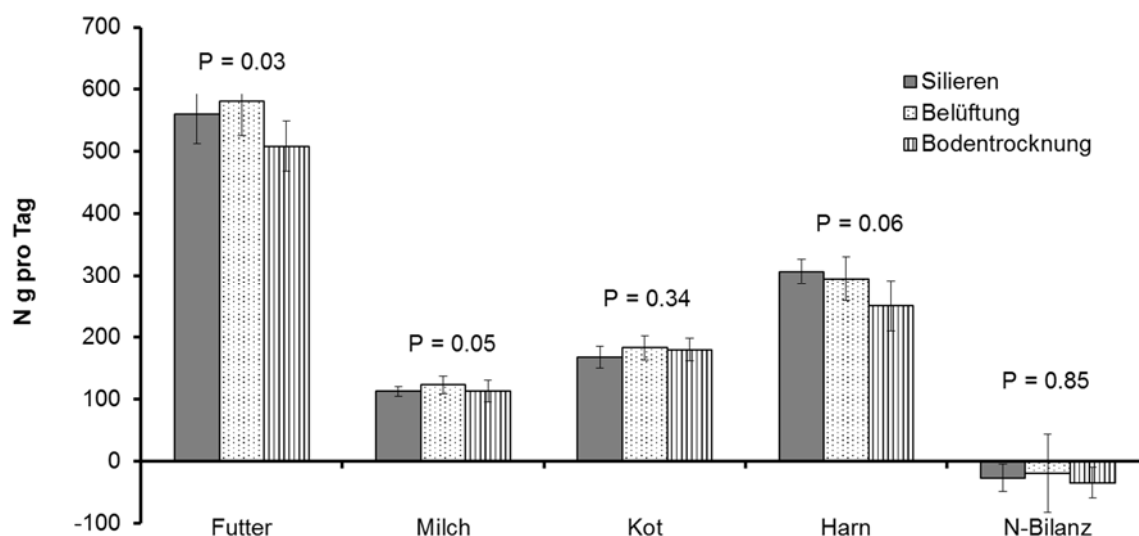


Abb. 3: Stickstoffbilanz der Kühe in den drei Versuchsverfahren

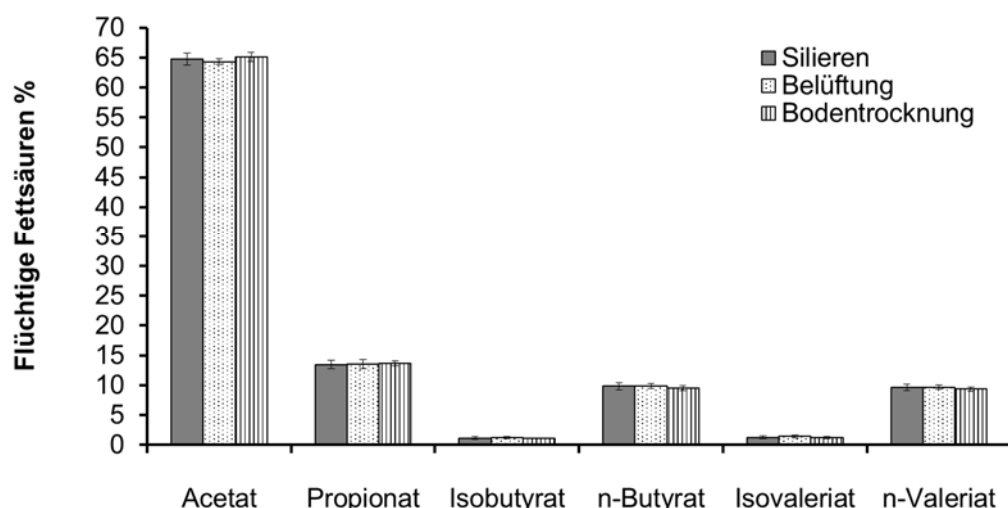


Abb. 4: Flüchtige Fettsäuren im Pansen der Kühe in den drei Versuchsverfahren

Beim Harnstoffgehalt in der Milch konnten Unterschiede ($P < 0.05$) festgestellt werden. Diese betragen bei den drei Verfahren Silieren, Belüftung und Bodentrocknung 370, 351 und 306 mg/kg. Bei den gebildeten flüchtigen Fettsäuren im Pansen gab es keine Unterschiede (Abb. 4). Das Verhältnis von Acetat zu Propionat betrug in allen Verfahren im Durchschnitt 4.8:1. Dies und die hohen Stickstoffausscheidungen deuten darauf hin, dass die Energieversorgung der Kühe unzureichend war (Spiekers et al., 2009).

Folgerungen

Die Silagebereitung wirkte sich stärker auf die Veränderungen der Proteinfractionen aus als die Dürrofutterbereitung. Insbesondere die Fraktion A, der NPN, nimmt bei der Silierung stark zu.

Die alleinige Verfütterung von Grünfutterkonserven mit hohen Proteingehalten (Silage oder Dürrofutter) im letzten Drittel der Laktation führte grundsätzlich zu hohen Stickstoffausscheidungen über den Harn und zu einer schlechten Stickstoffeffizienz. Die höchsten Ausscheidungen wurden bei Silagefütterung festgestellt, da in diesem Futter der Anteil an NPN besonders hoch war. In weiteren Untersuchungen sollte geprüft werden, wie die Stickstoffeffizienz ausfällt, wenn Raufutter von schlechterer Qualität beziehungsweise mit tieferen Rohproteingehalten verfüttert wird und ob eine geringfügige Energieergänzung die Stickstoffeffizienz verbessert.

Die Autoren danken der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues (AGFF) für die finanzielle Unterstützung und dem Team vom Projekt „Systemvergleich Hohenrain II“ für die Probenahmen.

Literatur

- Bracher, A. und Menzi, H. (2015): The influence of feeding on excreta characteristics of dairy cows. RAMIRAN – 16th International Conference, 105-108
- Eriksson, T. (2011): Urine excretion relative to K intake in Swedish Red cattle. Proceedings of the 2nd Nordic Feed Science Conference, 15-19
- Fasching, C., Gruber, L., Mietschnig, B., Schauer, A., Häusler, J. und Adelwöhrer, A. (2015): Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf Futteraufnahme und Milchproduktion im Vergleich zu Grassilage. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 67-74
- Hoedtke, S., Gabel, M. und Zeyner, A. (2010): Der Proteinabbau im Futter während der Silierung und Veränderungen in der Zusammensetzung der Rohproteinfraktion. *Übersichten Tierernährung* **38**: 157-179
- Ineichen S., Akert F., Frey H.J, Wyss U., Hofstetter P., Schmid H. und Reidy B. (2018): Systemvergleich Hohenrain II: Versuchsbeschreibung und Qualität des frischen Wiesenfutters. *Agrarforschung Schweiz* **9**: (4) 112-119
- Jans, F. (1991): Grassilage oder Dürrofutter für Hochleistungskühe? *Landwirtschaft Schweiz* **4**: 333-336
- Kingston-Smith, A.H. und Theodorou, M.K. (2000): Post-ingestion metabolism of fresh forage. *New Phytologist* **148**: (1) 37-55
- Kofahl, A. (2009) Methodische Untersuchungen zur Beurteilung der proteolytischen Aktivität, der Proteolyse und der Desmolyse bei der Silierung eiweissreicher Grünfutterleguminosen. Dissertation Universität Rostock, 274 S
- Kreuzer, M. und Kirchgessner, M. (1985): N-Ansatz und N-Verwertung bei Kühen während und nach überhöhter Proteinversorgung. *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde* **53**: 270-279

- Licitra, G., Hernandez, T.M. und Van Soest, P.J. (1996): Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* **57**: 347-358
- Resch, R. und Gruber, L. (2015): Proteinfractionen von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 49-55
- Russell, J.B., O'Connor, J.D., Fox, D.G., VanSoest, P.J. und Sniffen, C.J. (1992): A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets .1. Ruminal Fermentation. *Journal of Animal Science* **70**: (11) 3551-3561
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G. und Russell, J.B. (1992): A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* **70**: 3562-3577
- Spiekers, H., Nussbaum, H.J. und Potthast, V. (2009): Erfolgreiche Milchviehfütterung. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main. S. 576
- Walker, N.D. Newbold, C.J. und Wallace, R.J. (2005): Nitrogen Metabolism in the Rumen. In: Pfeffer E. und Hristov A. [Hrsg.]: Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle. CABI Publishing, Oxfordshire, 71-116
- Wyss, U. (2018): Influence of silage making or haymaking on different protein fractions. Proceedings of 27th General Meeting of the European Grassland Federation, Cork, Ireland. In press.

Zukunft der Tierernährung zwischen Effizienz und Konsumentenansprüchen

Tagungsbericht

8. Mai 2018

Herausgeber:

M. Kreuzer, T. Lanzini, A. Liesegang, R. Bruckmaier, H.D. Hess, S.E. Ulbrich

ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung

Band 41
ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung

ISBN 978-3-906466-41-8

Adresse: ETH Zürich
Institut für Agrarwissenschaften
Tierernährung / LFW
Universitätstrasse 2
8092 Zürich

Mai 2018