

Stefanie Maier, Johannes Ostertag und Bernhard Haidn

Futterqualität und -hygiene bei automatischen Fütterungssystemen für Milchkühe

Automatische Fütterungssysteme (AFS) für Rinder gewinnen unter anderem aufgrund ihres Potenzials zur Einsparung und Flexibilisierung von Arbeitszeit mehr und mehr an Bedeutung. Die mit AFS verbundene aerobe Zwischenlagerung von Futtermitteln birgt jedoch das Risiko der Nacherwärmung. An der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) wurden daher Untersuchungen zur Veränderung der Futterqualität bei Futtervorlage mit einem AFS durchgeführt. Die Zwischenlagerung als totale Mischration (TMR), hohe Umgebungstemperaturen und hohe Ausgangskeimgehalte wirkten sich negativ auf die aerobe Stabilität des Futters aus. In den Sommermonaten sollte daher von einer aeroben Zwischenlagerung der Futtermittel länger als 24 h abgesehen werden, während dies bei niedrigen Umgebungstemperaturen durchaus möglich sein kann.

Schlüsselwörter

Automatisches Fütterungssystem, Futterqualität, aerobe Stabilität, Keimgehalt, Nacherwärmung

Keywords

Automatic feeding system, forage quality, aerobic stability, germ count, reheating

Abstract

Maier, Stefanie; Ostertag, Johannes and Haidn, Bernhard

Forage quality and hygiene in automatic feeding systems for dairy cows

Landtechnik 68(6), 2013, pp. 406–410, 1 figure, 2 tables, 9 references

Automatic feeding systems (AFS), amongst other reasons, gain more and more importance due to their potential of saving labour and introducing flexible working hours in dairy farming. However the storage of forage under aerobic conditions in AFS runs the risk of reheating of silages. Therefore investigations concerning the changes of forage quality in AFS were conducted at the Bavarian State Research Center for Agriculture. The storage of forage as total mixed rations (TMR), high ambient temperatures as well as high initial germ

contents influenced the aerobic stability of the forage negatively. Consequently in the summertime during high ambient temperatures a feed storage under aerobic conditions longer than 24 h should be avoided, however it seems to be harmless in the wintertime during low ambient temperatures.

■ Aufgrund struktureller Veränderungen hin zu größeren Viehbeständen bei gleich bleibender oder sogar rückläufiger Arbeitskapazität tendieren Milchviehbetriebe immer stärker zur Mechanisierung und Automatisierung verschiedener Arbeitsgänge. Nach dem Melken und der Versorgung der Nachzucht steht das Füttern in bayerischen Milchviehbetrieben mit 16 % des Arbeitszeitbedarfes an dritter Stelle [1]. Somit birgt die Automatisierung der Fütterung ein weiteres großes Potenzial hinsichtlich der Einsparung von Arbeitszeit [2]. Automatische Fütterungssysteme (AFS) gewinnen deshalb unter dem Aspekt der Arbeiterleichterung, -flexibilisierung und -einsparung mehr und mehr an Bedeutung. Neben den arbeitswirtschaftlichen Aspekten sollen AFS Futterverluste minimieren und die Futterhygiene verbessern. Der Einsatz von AFS ist aber auch mit einer aeroben Zwischenlagerung von Futtermitteln über ein bis zwei Tage verbunden, was im Hinblick auf die Nacherwärmung von Silagen in anderen Studien jedoch als problematisch beschrieben wird [3; 4; 5; 6].

Unter aeroben Bedingungen beginnen sich Hefen unter Abbau von Milchsäure und Wärmeproduktion zu vermehren. Durch den Abbau der Milchsäure steigt der pH-Wert an, wodurch andere Mikroorganismen, wie Schimmelpilze und Bak-

terien, aktiv werden und den weiteren Verderb der Silagen verursachen [4].

Neben dem Einfluss von Sauerstoff begünstigen hohe Umgebungstemperaturen [6] und hohe Ausgangshefegehalte [3; 4; 5] die Nacherwärmung. Ein ausreichender Anteil bzw. der gezielte Zusatz von Essigsäure oder Propionsäure hingegen kann die Nacherwärmung von Silagen verzögern und die aerobe Stabilität erhöhen [3; 7; 8].

Die Abschätzung der erforderlichen Rahmenbedingungen, unter denen eine aerobe Zwischenlagerung von Futtermittel möglich ist, ist daher von zentraler Bedeutung für den Erfolg von AFS. Aus diesem Grund fanden an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) verschiedene Untersuchungen zur Futterqualität bei Einsatz von AFS statt.

Material und Methoden

Versuchsaufbau

Insgesamt wurden vier Versuche zur Futterqualität in unterschiedlichen Jahreszeiten (Sommer/Winter) durchgeführt. Alle Versuche wurden in zwei zeitlich versetzte Phasen unterteilt, in denen einerseits stabile und andererseits instabile Silagen in den Futtermischungen eingesetzt wurden (**Tabelle 1**). In jeder Versuchsphase erfolgte die Fütterung zweier Tiergruppen parallel einmal oder mehrmals im Tagesverlauf (fünf bis sechs Fütterungsfrequenzen).

In den Versuchen 1, 3 und 4 wurde am Versuchsbetrieb der LfL in Grub ein AFS mit stationärem Mischer ohne Vorratsbehälter simuliert. Die TMR wurde einmal täglich morgens in einem 9 m³ fassenden Futtermischwagen (FMW) mit horizontalen Mischschnecken erstellt und dort bis zum letzten Verteiltermin über maximal 24 h gelagert. Versuch 2, bei dem ein AFS der Firma Wasserbauer mit Vorratsbehältern für die einzelnen Futtermittel und Misch- und Verteilwagen eingesetzt wurde, fand an den Landwirtschaftlichen Lehranstalten (LLA) in Triesdorf statt. Die Rationen für die mehrmals tägliche Fütterung wurden im Gegensatz zu den Versuchen 1, 3 und 4 ebenso wie die einmal täglich gefütterte Ration unmittelbar vor dem Verteilen gemischt.

Die Futterrationen variierten innerhalb der einzelnen Versuche nur im Hinblick auf den Einsatz von stabiler oder instabiler Silagen, die restliche Zusammensetzung unterschied sich nicht. Stabile Silage wurde aus dem mittleren Teil der Fahrtilos mit der höchsten Verdichtung und damit mit dem geringsten Lufteinfluss gewonnen. In den instabilen Versuchsphasen wurde Silage aus den Randbereichen der Fahrtilos und Silagereste, die von der Entnahme am Vortag am Fahrtilo zu finden waren, verwendet. Hier war bei den Versuchen 1 und 4, die im Sommer durchgeführt wurden, bereits bei der Entnahme eine Nacherwärmung erkennbar. In den Versuchen 2 und 3 (Winter) konnten zwar keine Anzeichen von Nacherwärmung festgestellt werden, aufgrund des Sauerstoffeintrages war aber dennoch davon auszugehen, dass diese Silagen stärker mit Hefen und anderen Keimen belastet waren.

Datenerhebung

In allen Versuchen wurde die Temperatur der Futtermischungen im Futtermischwagen und am Futtertisch erfasst und gleichzeitig die Umgebungstemperatur gemessen.

Außerdem wurden Nährstoffgehalte, Gärparameter und Keimgehalte der Rationen untersucht. Zusätzlich wurden Futterproben zur chemischen und mikrobiologischen Analyse gezogen.

In den Versuchen 1–4 wurden die Proben zur chemischen Futteranalyse von der frisch erstellten Mischung gezogen, in Versuch 4 zusätzlich vom Futterrest. Die chemische Analyse der Futtermittel übernahm die Abteilung für Qualitätssicherung und Untersuchungswesen der LfL in Grub (akkreditiert nach DIN EN/IEC 17025). Die Nährstoffgehalte wurden mittels der Weenderanalyse bestimmt, die Gärparameter mithilfe der Ionenchromatografie und der pH-Wert mittels eines pH-Meters.

Die Probenahme für die mikrobiologische Analyse erfolgte in allen Versuchen sowohl von der gerade gemischten Ration als auch vom Futterrest der einmal und der mehrmals täglich gefütterten Rationen. In der mikrobiologischen Probenanalyse analysierte das Labor des Tiergesundheitsdienstes in Grub

Tab. 1

Übersicht über die durchgeführten Versuche

Tab. 1: Overview of the conducted experiments

	Lagerung der Futtermittel <i>Storage of feed</i>	Futternvorlage <i>Provision of feed</i>	Jahreszeit <i>Season</i>
Versuch 1 <i>Experiment 1</i>	Als Mischung im FMW ¹⁾ <i>as mixed ration in a FMW</i>	Simulation eines AFS ²⁾ <i>Simulation of an AFS</i>	Sommer 2012 <i>Summer 2012</i>
Versuch 2 <i>Experiment 2</i>	Einzel in Vorratsbehältern <i>single within a storage container</i>	AFS der Firma Wasserbauer <i>AFS type of the company Wasserbauer</i>	Winter 2012 <i>Winter 2012</i>
Versuch 3 <i>Experiment 3</i>	Als Mischung im FMW <i>as mixed ration in a FMW</i>	Simulation eines AFS <i>Simulation of an AFS</i>	Winter 2013 <i>Winter 2013</i>
Versuch 4 <i>Experiment 4</i>	Als Mischung im FMW <i>as mixed ration in a FMW</i>	Simulation eines AFS <i>Simulation of an AFS</i>	Sommer 2013 <i>Summer 2013</i>

¹⁾ Futtermischwagen/Fodder mixer wagon.

²⁾ Automatisches Fütterungssystem/Automatic feeding system.

(akkreditiert nach DIN EN/IEC 17025) Laktobazillen, Gesamtkeimzahl, Hefen und Schimmelpilze.

Statistische Auswertung

Mit Ausnahme der mikrobiologischen Futterproben in Versuch 4, erfolgte die Auswertung der erfassten Daten deskriptiv. In Versuch 4 wurde die Probenanzahl für die mikrobiologische Auswertung erhöht ($n = 9$ je Variante), sodass die Hefegehalte der verschiedenen Varianten statistisch ausgewertet werden konnten. Mithilfe des T-Tests sollte der Einfluss der mehrmals täglichen Fütterung auf den Hefegehalt der Futtermischungen getestet werden. Als Einflussgrößen wurden die gerade erstellte TMR, der Futterrest bei einmal täglicher Fütterung und der Futterrest bei mehrmals täglicher Fütterung festgelegt.

Ergebnisse

Gärparameter

Abbildung 1 zeigt die Veränderung der Gärparameter in Versuch 4 – ausgehend von der gerade gemischten Ration bis zum Futterrest nach 24 h. Bei beiden Versuchsphasen waren nur die Gärparameter Ammoniak, Milchsäure und Essigsäure in den TMR nachweisbar. Propionsäure und Buttersäure lagen unter der Nachweisgrenze.

Bei stabiler Silage blieben die Anteile der Milch- und Essigsäure und folglich auch der pH-Wert relativ stabil. Im Gegensatz dazu war bei instabiler Silage ein Abfall des Milchsäure- und Essigsäureanteils vom Zeitpunkt der Mischung der TMR bis zum Zeitpunkt der Probenahme der Futterreste (nach 24 h) zu beobachten. Infolgedessen stieg der pH-Wert deutlich an. Das Absinken der beiden Gärsäuren tritt bei der mehrmals täglichen Futterverteilung stärker auf als bei der einmaligen.

Temperatur und Hefegehalte

Tabelle 2 zeigt die Temperatur und die Hefegehalte der TMR. In den Versuchen 2 und 3 wurde bei niedrigen Außentempe-

raturen kein Temperaturanstieg in den TMR gemessen. Unabhängig von den Fütterungsfrequenzen blieb die Temperatur im Futter über 24 h auf dem Ausgangsniveau oder sank sogar. Der Hefegehalt erhöhte sich nur in Versuch 2 bei einmal täglicher Fütterung. Bei mehrmaliger Fütterung blieb der Hefegehalt auch nach 24 h etwa auf dem Ausgangsniveau. In Versuch 3 stieg der Hefegehalt in keiner Versuchsphase an.

In den Versuchen 1 und 4 bei hohen Umgebungstemperaturen erhöhten sich bei Einsatz instabiler Silagen die Temperaturen vor allem im FMW, wo die TMR bis zur Verteilung gelagert wurde. Dort konnten Höchsttemperaturen (Einzelwerte) von bis zu 40 °C beobachtet werden. Auch die Hefegehalte erhöhten sich in den Versuchen 1 und 4 bei Einsatz instabiler Silagen stark. In Versuch 4 ergab die statistische Auswertung einen signifikanten Unterschied zwischen den Ausgangshefegehalten (H_0) und den Hefegehalten nach 24 h (H_{24}). Unterschiede zwischen der einmal und mehrmals täglichen Fütterung gab es nicht.

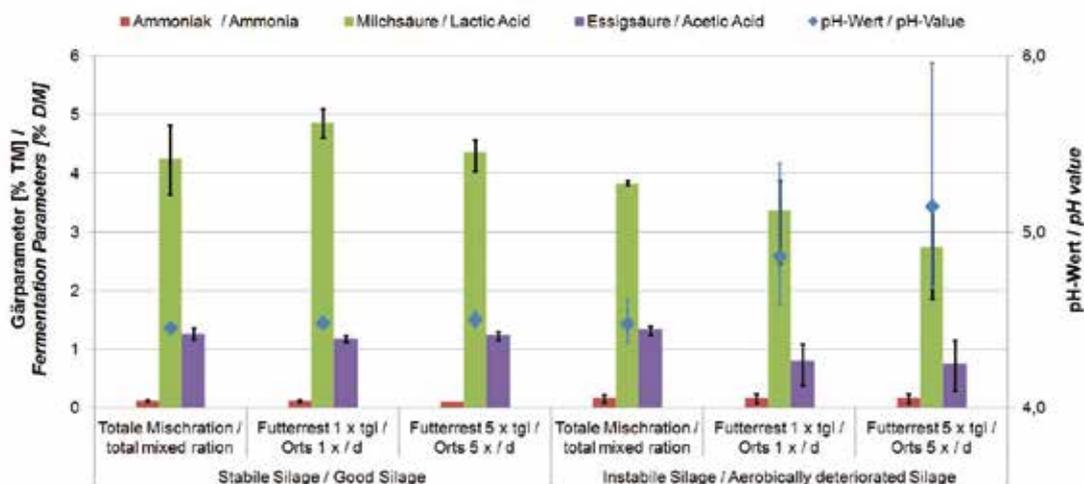
Bei Einsatz stabiler Silage erwärmte sich die TMR in den Versuchen 1 und 4 nicht. Allerdings stiegen die Hefegehalte auch hier an und die Unterschiede zwischen H_0 und H_{24} waren in Versuch 4 signifikant. Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsfrequenzen konnten auch hier nicht festgestellt werden.

Diskussion

Gärparameter

Die Entwicklung des pH-Werts und der Gärsäuren in Versuch 4 bei instabilen Silagen (**Abbildung 1**), bestätigt den in der Einleitung beschriebenen Abbau von Milchsäure durch Hefen unter aeroben Bedingungen und den damit verbundenen Anstieg des pH-Wertes. Bei Einsatz von instabiler Silage sind die Ausgangshefegehalte schon relativ hoch und liegen über dem für Maissilagen vorhandenen Orientierungswert von 6 log KBE/g FM [9]. Somit konnten sich die Hefen in 24 h so

Abb. 1



Mittelwerte und Spannweite der Gärparameter in Versuch 4 ($n = 3$)

Fig. 1: Means and range of the fermentation parameters in experiment 4 ($n = 3$)

Tab. 2

Temperatur und Hefegehalt in den TMR

Tab. 2: Temperature and yeast count in the TMR

	TMR-H ₀ TMR-Y ₀	TMR-H ₂₄ TMR-Y ₂₄	Außentemperatur Ambient temperature	TMR-T ₀ TMR-T ₀	TMR-T ₂₀ TMR-T ₂₀
	log KbE/g FM / log CfU/g FM		°C		
Winter/Winter					
<i>Instabile Silage (V2)/Aerobically deteriorated silage (E2)</i>					
Futtertisch 1x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 1x / d	6,54	6,86	Ø 4,6		
Futtertisch 6x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 6x / d	6,21	6,19	min. 1,0	8,8	7,9
<i>Stabile Silage (V2)/Good silage (E2)</i>					
Futtertisch 1x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 1x / d	5,51	6,25	Ø 7,0		
Futtertisch 6x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 6x / d	5,34	5,45	min. 1,7	12,3	9,9
<i>Instabile Silage (V3)/Aerobically deteriorated silage (E3)</i>					
FMW ¹⁾ /FMW ¹⁾			Ø -1,7	3,6	1,9
Futtertisch 1x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 1x / d	5,49	5,36	min. -5,9	2,4	-1,9
Futtertisch 6x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 6x / d		5,06	max. 2,0	3,6	-1,5
<i>Stabile Silage (V3)/Good silage (E3)</i>					
FMW / FMW			Ø 1,1	3,8	3,0
Futtertisch 1x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 1x / d	5,30	5,26	min. -3,3	2,1	1,3
Futtertisch 6x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 6x / d		5,17	max. 2,7	1,2	1,9
Sommer/Summer					
<i>Instabile Silage (V1)/Aerobically deteriorated silage (E1)</i>					
FMW/FMW			Ø 19,9	22,7	34,0
Futtertisch 1x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 1x / d	6,52	7,74	min. 9,7	23,3	22,9
Futtertisch 6x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 6x / d		7,75	max. 32,7	23,0	32,9
<i>Stabile Silage (V1)/Good silage (E1)</i>					
FMW/FMW			Ø 16,5	19,6	20,1
Futtertisch 1x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 1x / d	5,62	5,56	min. 9,5	21,1	18,6
Futtertisch 6x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 6x / d		6,48	max. 25,5	21,0	19,9
<i>Instabile Silage (V4)/Aerobically deteriorated silage (E4)</i>					
FMW/FMW			Ø 22,4	21,3	33,9
Futtertisch 1x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 1x / d	6,51 ^{a)}	7,98 ^{b)}	min. 15,1	19,5	19,7
Futtertisch 5x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 5x / d		8,07 ^{b)}	max. 28,9	19,5	21,4
<i>Stabile Silage (V4)/Good silage (E4)</i>					
FMW/FMW			Ø 21,2	18,4	20,3
Futtertisch 1x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 1x / d	5,35 ^{a)}	6,35 ^{b)}	min. 11,6	16,9	16,7
Futtertisch 5x tgl. Füttern/Feed bunk, feeding 5x / d		6,31 ^{b)}	max. 29,6	16,3	17,1

TMR-H₀ = Hefegehalt der Totalen Mischration nach dem Mischen/TMR-Y₀ = Yeast count of the total mixed ration after mixingTMR-H₂₄ = Hefegehalt der Totalen Mischration nach 24 h/TMR-Y₂₄ = Yeast count of the total mixed ration after 24 hTMR-T₀ = Temperatur der Totalen Mischration nach dem Mischen/TMR-T₀ = Temperature of the total mixed ration after mixingTMR-T₂₀ = Temperatur der Totalen Mischration nach 20 h/TMR-T₂₀ = Temperature of the total mixed ration after 20 h¹⁾ Futtermischwagen/Fodder mixing wagon.^{a,b)} Innerhalb der ersten beiden Spalten und der Versuchsphasen unterscheiden sich die Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben signifikant/Within the first two columns and experimental phases means with different letters differ significantly.

weit vermehren, dass ein sichtbarer Abbau von Milchsäure festgestellt wurde. Der Unterschied zwischen der einmaligen und mehrmaligen Fütterung ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Hefen bei der Lagerung der TMR im FMW

bei mehrmaliger Fütterung durch die höhere Lagerungsdichte und die damit verbundene stärkere Wärmeentwicklung bessere Wachstumsbedingungen als am Futtertisch bei der einmaligen Fütterung vorfanden.

Im Gegensatz dazu lagen die Hefegehalte bei Einsatz stabiler Silagen unter dem Orientierungswert und die Vermehrung der Hefen schritt innerhalb von 24 h nicht so weit fort, dass es zu einem sichtbaren Abbau von Milchsäure kommen konnte.

Temperatur und Hefegehalte

Generell lagen die Ausgangshefegehalte (H_0) der TMR bei Einsatz stabiler Silagen unter dem Orientierungswert von $6 \log \text{KbE/g FM}$ für Maissilage, während sie bei Einsatz instabiler Silagen darüber lagen. Dies zeigt, dass die Verwendung der Silage aus den Randbereichen der Silos und der Silagereste zur Mischung einer instabilen TMR für den Versuch geeignet waren. In den instabilen TMR vermehrten sich die Hefen tendenziell stärker als in den stabilen TMR. Die Vermehrung der Hefen scheint jedoch nicht immer mit einem Temperaturanstieg einherzugehen. So wurde in den Versuchen 1 und 4 (Sommer) auch bei instabilen Silagen bei einmal täglicher Futtermittelvorlage kein Anstieg der TMR-Temperatur beobachtet, obwohl die Hefegehalte anstiegen. Bei einmal täglicher Futtermittelvorlage wurde die TMR in einer Schwade am Futtertisch über 24 h gelagert. Durch die große Oberfläche konnte die durch das mikrobielle Wachstum produzierte Wärme an die Umgebung abgegeben werden und das Futter erwärmte sich trotz Erhöhung der Hefegehalte nicht. Bei mehrmals täglicher Fütterung fand im FMW kaum ein Luftaustausch mit Wärmekonvektion statt. Die durch das mikrobielle Wachstum produzierte Wärme konnte deshalb nicht abgeführt werden, sodass die Temperatur anstieg. Nach dem Verteilen kühlte sich die Futtermischung zwar zum Teil wieder ab, war aber dennoch im Tagesverlauf wärmer als die einmal täglich zugeteilte Ration.

In Versuch 2 war zu beobachten, dass die Hefegehalte im Gegensatz zu den anderen Versuchen bei einmal täglicher Fütterung höher als bei mehrmals täglicher waren. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass in diesem Versuch die mehrmals täglich gefütterte Ration vor jeder Fütterung jeweils neu gemischt wurde, wohingegen die einmal zugeteilte Ration über 24 h als Mischung am Futtertisch lagerte.

Schlussfolgerung

Bei Einsatz von AFS ist – vor allem in den Sommermonaten mit durchschnittlichen Umgebungstemperaturen von über 20°C – auf eine gute Silagequalität zu achten und gegebenenfalls durch den Zusatz von Siliermitteln sicherzustellen. In dieser Zeit kann selbst eine Zwischenlagerung der Futtermittel über nur 24 h zur Nacherwärmung führen. Anders im Winter: Bei durchschnittlichen Umgebungstemperaturen von weniger als 7°C ist nach den vorliegenden Daten auch die aerobe Zwischenlagerung instabiler Futtermittel länger als 24 h möglich.

Literatur

- [1] Haidn, B.; Macuhova, J. (2009): Arbeitsentwicklung in bayerischen Milchviehbetrieben - Analyse und Entwicklung, In: Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern, LfL Schriftenreihe Nr. 14, S. 37-53, http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_37541.pdf, Zugriff am 15.11.2013
- [2] Harms, J.; Wendl, G. (2009): Automatisierung in der Milchviehhaltung, In: Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern, LfL Schriftenreihe Nr. 14, S. 16-35, http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_37541.pdf, Zugriff am 15.11.2013
- [3] Kung, L.; Sheperd, A.C.; Smagala, A.M.; Endres K.A.; Bessett C.A.; Ranjit, N.K.; Glancey, J.L. (1998): The Effect of Preservatives Based on Propionic Acid on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage and a Total Mixed Ration. *J. Dairy Sci.* 81, pp.1322-1330
- [4] Kung, L. (2010): Aerobic Stability of Silages. In: Proc. of the California Alfalfa & Forage Symposium, Visalia, CA, pp. 89-103
- [5] Seppälä, A.; Heikkilä, T.; Mäki, M.; Miettinen, H.; Rinne, M. (2012): Controlling aerobic stability of grass silage-based total mixed rations. *Anim. Feed Sci. Tech.* 179(1), pp. 54-60
- [6] Grothmann, A.; Nydegger, F.; Wagner, A. (2012): Influence of seasonal temperature differences on maximum storage time of maize silage by using automatic feeding systems in dairy cattle - first results. In: International Conference of agricultural engineering, Valencia, http://cigr.ageng2012.org/images/fotosg/tabla_137_C0337.pdf, Zugriff am 15.11.2013
- [7] Filya, I. (2000): The Effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the Fermentation, Aerobic Stability, and Ruminant Degradability of Low Matter Corn and Sorghum Silages. *J. Dairy Sci.* 86, pp. 3575-3581
- [8] Ranjit, N.K.; Kung, L. (2000): The Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a Chemical Preservative on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage. *J. Dairy Sci.* 83, pp. 526-535
- [9] VDLUFA (2011): Verfahrensweisung mikrobiologische Qualitätsbeurteilung. Methodenbuch III: die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Aufl. 1976, 7. Ergänzungslieferung 2011, Kapitel 28.1.4

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Stefanie Maier ist Technische Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe „Rinder- und Pferdehaltung“, **Dr. agr. Johannes Ostertag** ist Leiter der Arbeitsgruppe „Konservierung und Futterhygiene“ und **Dr. agr. Bernhard Haidn** ist Arbeitsbereichskoordinator für Tierhaltungsverfahren am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Prof.-Dürrewächter-Platz 2, 85586 Poing-Grub, E-Mail: stefanie.maier@lfl.bayern.de

Danksgiving

Die Studie und das damit verbundene Forschungsprojekt wurden durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programmes zur Innovationsförderung gefördert. Die Autoren möchten der BLE für die Unterstützung im Projekt herzlich danken.