

Neue Erntetechniken beim Silomais: Einfluss auf die Silagequalität

Ueli Wyss und Nicolas Pradervand

Agroscope, 1725 Posieux, Schweiz

Auskünfte: Ueli Wyss, E-Mail: ueli.wyss@agroscope.admin.ch



Die verschiedenen Maisballen wurden mit einer stationären Ballenpresse gepresst. (Foto: Ueli Wyss, Agroscope)

Einleitung

Silomais ist ein wichtiges Futtermittel für Wiederkäuer. Neuerdings wird Silomais als Powermais und auch als Shredlage geerntet. Unter Powermais versteht man ein Futter, das zu einem Teil aus Maisganzpflanzen und zum anderen Teil aus Maiskolben besteht, deren Restpflanze nach der Ernte auf dem Feld verbleibt (Abb. 1). Das Ziel dieses Verfahrens ist es, den Energiegehalt des Produkts zu erhöhen. Dieses Futter wird vor allem als Silage an Mastmunis verfüttert.

Die Shredlage-Technik stammt ursprünglich aus den USA. Bei diesem Verfahren wird der Mais auf Partikelgrößen von 26 bis 30 mm geschnitten. Eine besondere Bauform gegenläufiger Zerkleinerungswalzen («corn-cracker») ermöglicht eine starke Nachzerkleinerung der Maiskörner und ein Aufspleissen in Längsrichtung der Restpflanzenbestandteile. Diese neue Technologie ermöglicht eine starke Körnerzerkleinerung, zudem

leisten die gröberen Partikel einen Beitrag zu einer wiederkäuergerechten Ration (Pries *et al.* 2018). Beim Standardverfahren wird der Mais auf eine Häcksellänge von 5 bis 10 mm zerkleinert.

In einem Verdauungsversuch mit Schafen (Rothacher *et al.* 2019) und einem Munimastversuch (Morel *et al.* 2019) wurden die mit den neuen Techniken hergestellten Maissilagen bei Agroscope getestet. Zusätzlich wurde auch die Silagequalität und das Risiko von Nacherwärmungen untersucht. Diese Ergebnisse sind im vorliegenden Bericht dargestellt.

Material und Methoden

Im Herbst 2016 wurde in Posieux Silomais mit den Techniken Standard (Häcksellänge 10 mm) und Shredlage (Häcksellänge 30 mm) als ganze Pflanze und Powermais (Häcksellänge 10 mm) geerntet und in Laborsilos, Ballen und Hochsilos einsiliert. Dabei wurde die Maissorte Gottardo verwendet. Die Ballen wurden mit einer stationären Ballenpresse hergestellt. Die Erntezeitpunkte waren der 22. und 23. September für den Standardmais im Hochsilo und in den Siloballen, der 26. September für Shredlage in Siloballen und der 10. Oktober für den Powermais. Der Powermais wurde vor allem in Siloballen einsiliert. Ein kleiner Anteil wurde jedoch in ein Hochsilo einsiliert. Mit den Silagen wurden Verdauungsversuche mit Schafen und Fütterungsversuche mit Mastmunis durchgeführt. Zusätzlich wurden während den Versuchen regelmässig Proben gezogen. Die Struktur der drei Silagen ist aus Abbildung 2 ersichtlich. Die Ballen wurden an drei Stellen (oben, Mitte unten) beim Verdauungsversuch während eines Monats wöchentlich und während des Munimastversuch monatlich beprobt. Beim Hochsilo wurden zu den gleichen Zeitpunkten aus dem mit der Silofräse entnommenen Material jeweils eine Probe von Hand entnommen. In den Proben wurden die TS-Gehalte, Inhaltsstoffe, Gärparameter und mikrobiologische Qualität (Hefen, Schimmelpilze und aerobe mesophile Bakterien) untersucht. Bei den Gärparametern

wurden die pH-Werte, die Milch-, Essig-, Propion- und Buttersäure sowie der Ethanolgehalt bestimmt. Die Keimzahlen wurden nach den VDLUFA-Methoden bestimmt (VDLUFA 2012). Zusätzlich wurde die aerobe Stabilität untersucht. Dabei wurde Probenmaterial in offene Behälter abgefüllt und mit Temperatursonden versehen. Alle 30 Minuten, über einen Zeitraum von mindestens sieben Tagen, wurden die Temperaturen gemessen. Als aerob stabil wurden die Silagen angesehen, solange die Temperatur in der Silage die Umgebungstemperatur nicht um mehr als 3°C übertraf.

Die statistische Auswertung erfolgte mit einer Varianzanalyse (SYSTAT 13, Systat Software GmbH, Erkrath, Deutschland), wobei die Daten der beiden Versuche Verdauungsversuch und Mastversuch getrennt untersucht wurden. Bei signifikanten Effekten ($P < 0,05$) wurden die Werte mittels Bonferroni-Test verglichen.

Resultate und Diskussion

Ausgangsmaterial

In der Tabelle 1 sind die Inhaltsstoffe beim Einsilieren ersichtlich. Insbesondere beim Powermais, der später geerntet wurde, gab es Unterschiede zu den anderen Verfahren. Dies zeigte sich vor allem am höheren TS- und Stärkegehalt und den tieferen Fasergehalten. Die Vergärbarkeitskoeffizienten lagen alle über 45, was auf eine leichte Silierbarkeit des Ausgangsmaterials hindeutet.

Zur Bestimmung der Säuerungsgeschwindigkeit wurden Laborsilos bereits nach einer Lagerdauer von drei Tagen geöffnet. Shredlage wies mit 4,4 +/- 0,1 einen leicht höheren pH-Wert im Vergleich mit der Standardmaissilage auf, wo der pH-Wert 4,3 +/- 0,1 betrug. In der Powermaissilage war der pH-Wert bedingt durch den höheren TS-Gehalt mit 4,5 +/- 0,2 am höchsten. Dass der pH-Wert in der Shredlage im Vergleich zum Standardmais weniger schnell absinkt, zeigen auch die Untersuchungen von Beintmann *et al.* (2016). Dort waren die Unterschiede nach einer Silierdauer von zwei Tagen mit 4,6 und 4,2 grösser als in der vorliegenden Untersuchung.

Die grössere Häcksellänge und dadurch gröbere Struktur bei der Shredlage erschwert die Verdichtung des Futters und führt zu einem höheren Risiko für Nacherwärmungen. In den jeweils vier Ballen, die während des Verdauungsversuchs verfüttert wurden, wurde auch die TS-Dichte gemessen. Das durchschnittliche Volumen der Ballen betrug 1,4 m³. Dieses betrug für die drei Verfahren Standardmais, Shredlage und Powermais 264, 256 und 300 kg TS/m³. Die Unterschiede zwischen Standardmais und Shredlage waren hier mit rund 3 % Differenz

Zusammenfassung

Neben den Maissilagen mit einer Standardhäcksellänge von 5 bis 10 mm werden heute auch Shredlage mit einer längeren Häcksellänge (26 bis 30 mm) und Powermais mit einem höheren Kolbenanteil hergestellt. Bei Agroscope wurden mit diesen neuen Ernteverfahren Silagen hergestellt und in Verdauungsversuchen mit Schafen und Fütterungsversuchen mit Mastmunis mit Standardmaissilagen verglichen. Der Silomais wurde bei den verschiedenen Verfahren entweder in Ballen und/oder in Hochsilos einsiliert. Gleichzeitig wurden mit diesem Material auch die Gärqualität, die mikrobiologische Qualität und die aerobe Stabilität der Silagen untersucht. Der Powermais wies im Vergleich zu den übrigen Verfahren, bedingt durch den höheren Kolbenanteil und den späteren Silierzeitpunkt, höhere Trockensubstanz (TS)-Gehalte auf, was zu tieferen Milchsäuregehalten führte. Insgesamt wiesen alle Silagen eine sehr gute Gärqualität auf. Bezüglich der Gehalte an Hefen, Bakterien und Schimmelpilzen lagen die durchschnittlichen Werte im Normalbereich. Dennoch zeichnete sich die Shredlage und die Standardmaissilagen aus dem Hochsilo durch einen höheren Hefekeimbefall aus, was sich auch negativ auf die aerobe Stabilität auswirkte.

recht gering. Pries *et al.* (2018) haben in Fahrsilos bei gleicher Walztechnik mit 12 % wesentlich grössere Unterschiede gefunden. In dieser Studie (Pries *et al.* 2018) betrug die durchschnittliche Verdichtung im Standardverfahren 267 und in der Shredlage 236 kg TS/m³, wobei die Unterschiede in der obersten Schicht noch grösser waren. Bommelmann (2017) fand jedoch bei einer Praxisuntersuchung bei insgesamt 28 Betrieben keine deutlichen Unterschiede hinsichtlich der Verdichtung zwischen den beiden Verfahren. Er vermutet, dass sich die Landwirte auf die schlechtere Verdichtbarkeit des Siliergutes eingestellt haben und mit entsprechender Technik das Siliergut besser verdichtet haben.

Gärqualität der Silagen

Aus der Tabelle 2 sind die Gärparameter der Silagen aufgeteilt nach dem Verdauungsversuch mit jeweils vier Werten pro Verfahren und dem Munimastversuch



Abb. 1 | Häcksler zur Herstellung von Powermais mit dem drei Reihen ganze Pflanzen und drei Reihen nur die Kolben geerntet wurden. (Foto: Ueli Wyss, Agroscope)

mit jeweils sieben Werten pro Verfahren dargestellt. Unterschiede konnten beim TS-Gehalt, was auf den unterschiedlichen Silierzeitpunkt zurückzuführen ist, und beim Milchsäure- sowie teilweise auch beim Essigsäuregehalt zwischen den Verfahren festgestellt werden. Butter- und Propionsäure konnten nicht beziehungsweise nur in geringen Mengen nachgewiesen werden. Die Ethanolgehalte waren nur beim Verdauungsversuch unterschiedlich. Doch bei beiden Versuchen wies die Shredlage die höchsten Werte auf. Zwischen dem Standard- und Shredlage-Verfahren fallen vor allem die Unterschiede bei der Milchsäure auf, obwohl die pH-Werten sich zwischen diesen beiden Verfahren nicht unterschieden. Tiefere Milchsäuregehalte in den Shredlage-Silagen konnten auch Pries *et al.* (2016) feststellen.

Insgesamt wiesen alle Silagen eine sehr gute Qualität auf, was anhand der maximalen DLG-Punkte-Zahl von 100 ersichtlich ist.

Mikrobiologische Qualität

Insgesamt zeigte sich, dass sich bei allen Verfahren die untersuchten Keimgruppen nach den VDLUFA-Orientierungswerten im Durchschnitt im normalen Bereich befanden. Bei den beiden Keimgruppen aerobe mesophile Bakterien und Schimmel dominierten die Verderbnisanzeiger mit einem durchschnittlichen Anteil von über 90 % bei den Bakterien und über 98 % beim Schimmel gegenüber den produktetypischen Keimen.

Bei den Hefen gab es signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren (Abb. 3). Dass der Hefekeimbesatz bei den Standardsilagen aus dem Hochsilo höher war als bei den entsprechenden Ballen, ist durch den längeren Lufteinfluss erklärbar, dem die Silagen nach dem Öffnen der Silos ausgesetzt waren. Ein echter Vergleich ist somit nur bei den Ballen, wo die gleichen Bedingungen herrschten, möglich. Unter diesen Bedingungen war der Hefekeimbesatz in der Shredlage deutlich höher.

Bei den aeroben mesophilen Bakterien gab es bei den Proben der verschiedenen Verfahren, die während dem Verdauungsversuch untersucht wurden Unterschiede. Dies war bei den Proben, die während dem Munimastversuch beprobt wurden, nicht der Fall (Abb. 4).

Keine Unterschiede zwischen den Verfahren konnten beim Schimmelbesatz festgestellt werden (Abb. 5).

Aerobe Stabilität

Obwohl zwischen den verschiedenen Verfahren bei der aeroben Stabilität keine statistisch gesicherten Unter-

Tab. 1 | Inhaltsstoffe im Ausgangsmaterial beim Einsilieren

		Standard Hochsilo 22.09.	Standard Ballen 23.09.	Shredlage Ballen 26.09.	Powermais Ballen/Hochsilo 10.10.
TS	%	33,6	32,4	34,2	44,6
Rohasche	g/kg TS	33	32	33	22
Rohprotein	g/kg TS	60	67	67	71
Rohfaser	g/kg TS	181	177	181	106
ADF	g/kg TS	190	199	189	127
NDF	g/kg TS	345	356	367	278
Stärke	g/kg TS	383	378	359	565
WSC	g/kg TS	80	91	87	55
VK		60	61	61	72

TS: Trockensubstanz; ADF: Lignozellulose; NDF: Zellwände; WSC: wasserlösliche Kohlenhydrate; VK: Vergärbarkeitskoeffizient

Tab. 2 | TS-Gehalte und Gärparameter der verschiedenen Maissilagen

Verfahren	TS	pH	Milchsäure	Essigsäure	Ethanol	DLG
	%		g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	Punkte
Verdauungsversuch¹						
Standard Ballen	36,7 ^a	3,9	57 ^b	13 ^a	9 ^b	100
Standard Hochsilo	34,3 ^a	3,9	63 ^a	15 ^a	7 ^a	100
Shredlage Ballen	36,8 ^a	3,9	51 ^c	11 ^b	10 ^b	100
Powermais Ballen	47,6 ^b	3,9	39 ^d	10 ^b	8 ^{ab}	100
SE	0,57	0,02	1,1	0,3	0,5	
p-Wert	<0,001	0,071	<0,001	<0,001	0,011	
Munimastversuch²						
Standard Hochsilo	35,5 ^a	3,9 ^a	71 ^a	17	10	100
Shredlage Ballen	34,9 ^a	4,0 ^{ab}	59 ^b	16	12	100
Powermais Ballen/Hochsilo	45,0 ^b	4,0 ^b	42 ^c	14	9	100
SE	0,60	0,03	2,8	1,3	1,1	
p-Wert	<0,001	0,023	<0,001	0,319	0,106	

TS: Trockensubstanz; DLG: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft; SE: Standardfehler
¹jeweils 4 Durchschnittsproben pro Verfahren; ²jeweils 7 Durchschnittsproben pro Verfahren

schiede gefunden werden konnten, hat dies dennoch Auswirkungen bei der Verfütterung (Abb. 6). Beim Vergleich der Standard- mit den Shredlage-Ballen, für welche die gleichen Bedingungen geherrscht haben, schneiden die Shredlage-Ballen schlechter ab. Diese müssen, um Probleme mit warmer Silage zu vermeiden, innerhalb von zwei Tagen verfüttert werden.

Nach Untersuchungen von Thaysen *et al.* (2017) nimmt die aerobe Stabilität der Silagen mit zunehmender Häcksellänge ab.

Wie aus der Abbildung 7 ersichtlich ist, nimmt die aerobe Stabilität mit zunehmendem Hefekeimbesatz ab.

Gärsaftanfall

Während der Lagerung der Siloballen trat bei den Shredlage-Ballen Gärsaft aus den Ballen aus. Bei den Standardballen konnte dieser Effekt nicht festgestellt

werden. Zu erwähnen ist jedoch, dass nur wenige Ballen mit dem Standardmais hergestellt wurden und der grösste Anteil vom Standardmais in Hochsilos gelagert wurde.



Abb. 2 | Die drei untersuchten Silagen: Standardmais (A), Shredlage (B) und Powermais (C). (Foto: Olivier Bloch, Agroscope)

Tab. 3 | TS-Gehalte und Gärparameter in den Ballen je nach Position

Verfahren	Ort	TS	pH	Milchsäure	Essigsäure	Ethanol
		%		g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS
Powermais (n=4)	oben	44,2	4,0	40	15	11
	Mitte	44,7	4,0	40	13	11
	unten	45,3	4,0	41	13	11
Shredlage (n=7)	oben	37,0	4,0	52	14	11
	Mitte	34,4	4,0	59	16	13
	unten	33,3	3,9	66	17	13

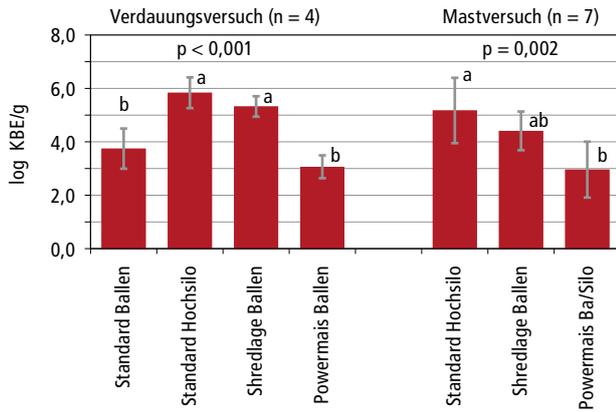


Abb. 3 | Hefekeimbesatz (KBE: koloniebildende Einheiten) in den verschiedenen Maissilagen.

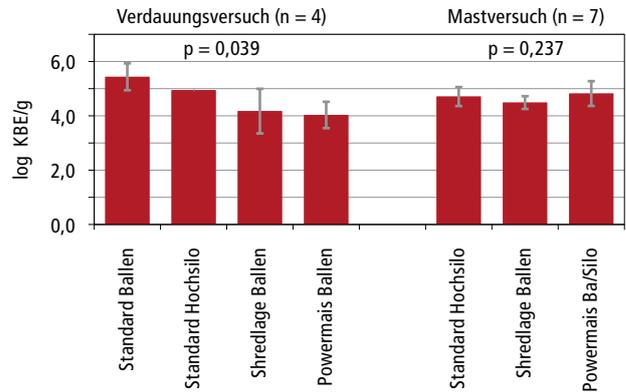


Abb. 4 | Aerobe mesophile Bakterien (KBE: koloniebildende Einheiten) in den verschiedenen Maissilagen.

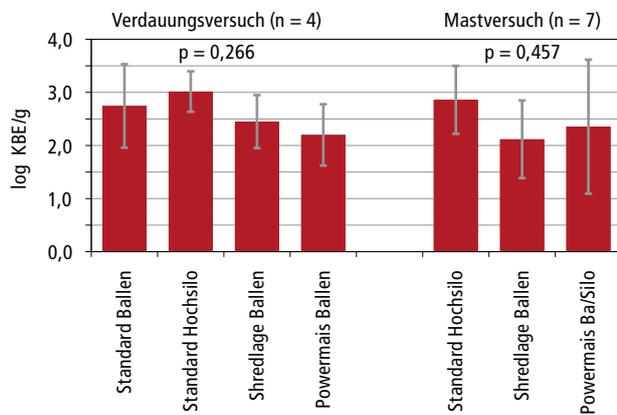


Abb. 5 | Schimmel (KBE: koloniebildende Einheiten) in den verschiedenen Maissilagen.

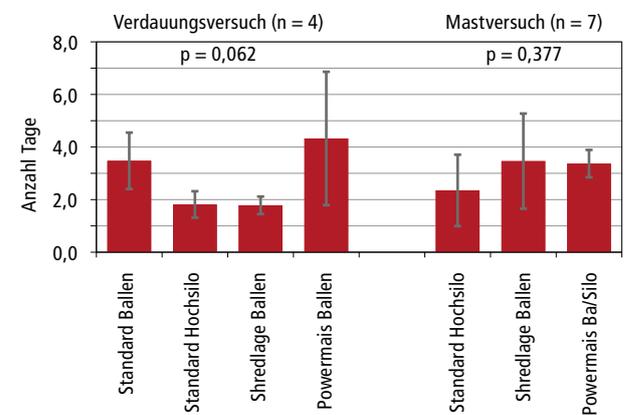


Abb. 6 | Aerobe Stabilität der verschiedenen Maissilagen.

Während des Minimastversuchs wurden die Proben von den Shredlage- und von den Powermais-Ballen separat analysiert. Die Ballen wurden vor dem Öffnen umgedreht, so dass der Gärssaft nicht aus den Ballen herausfloss. Trotz dieser Massnahme gab es bei den Shredlage-Ballen je nach Position beim TS-, Milchsäure- und Essigsäuregehalt Unterschiede. Dies war bei den Powermais-Ballen nicht der Fall (Tab. 3).

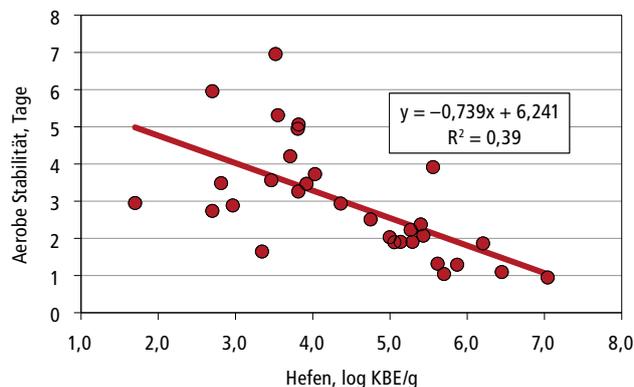


Abb. 7 | Zusammenhang zwischen dem Hefekeimbesatz und der aeroben Stabilität der Silagen.

Schlussfolgerungen

- Bei den Shredlage- und Powermaissilagen setzt die Säuerungsgeschwindigkeit und dadurch die pH-Wert-Absenkung später ein, was auf die unterschiedlichen TS-Gehalte und Verdichtung zurückzuführen sein dürfte.
- Während der Lagerung wurden bei den beiden Verfahren Shredlage und Powermais im Vergleich zum Standardmais weniger Milch- und Essigsäure gebildet.
- Der Hefekeimbesatz war bei der Shredlage und den Standardmaissilagen aus dem Hochsilo höher als bei den übrigen Verfahren.
- Die zentrale Herausforderung bei diesen neuen Techniken ist und bleibt die Sicherstellung einer hohen Verdichtung und die Minimierung des Risikos für Nacherwärmungen bei der Verfütterung. Da bei diesen neuen Techniken Nacherwärmungen ein erhöhtes Risiko darstellen, lohnt es sich erst auf diese neuen Techniken zu setzen, wenn die Silagequalität gewährleistet und die Betriebe das Risiko von Nacherwärmungen im Griff haben.

Riassunto**Diverse tecniche di raccolta per l'insilato di mais e qualità dell'insilato**

Oltre agli insilati di mais con una lunghezza di triturazione standard di 5–10 mm, oggi si producono anche insilati Shredlage con una lunghezza di triturazione più lunga (26–30 mm) e powermais con un contenuto più elevato di pannocchie. Agroscope ha effettuato esperimenti di digeribilità su pecore e di ingrassamento su torelli con questi nuovi metodi rispetto al mais standard. Il mais è stato insilato con i vari metodi, in balle e/o in silos a torre. Allo stesso tempo, sono state studiate anche la qualità di fermentazione, la qualità microbiologica e la stabilità aerobica degli insilati. Rispetto agli altri metodi, il powermais aveva un tenore di sostanza secca (SS) più alto a causa dell'elevato contenuto di pannocchie e del momento d'insilamento più tardivo, che ha portato a una riduzione del contenuto di acido lattico. Nel complesso, tutti gli insilati hanno attestato un'ottima qualità di fermentazione. Per quanto concerne il contenuto di lieviti, batteri e muffe, i valori medi si situano in un intervallo normale. Tuttavia, il Shredlage e l'insilato di mais standard del silo a torre hanno attestato un contenuto di lieviti più elevato, condizione che ha avuto anche un effetto negativo sulla stabilità aerobica.

Summary**Maize silage quality produced by different harvest techniques**

Today, in addition to maize silages with a standard chop length of 5 to 10 mm, shredlage with a longer chop length (26 to 30 mm) and power maize with a higher proportion of cobs are also produced. At Agroscope, digestion experiments with sheep as well as fattening bull experiments were conducted comparing the use of these new processes versus standard maize. The maize silage was ensiled in bales and/or in tower silos in the different techniques. At the same time, the fermentation quality, microbiological quality and aerobic stability of the silages were investigated. Owing to its higher percentage of cobs and later ensilating time, the power maize had a higher dry-matter (DM) content than the rest of the techniques, resulting in a lower lactic-acid content. Viewed as a whole, the fermentation quality of all the silages was very good. Although average values for yeasts, bacteria and moulds were in the normal range. But shredlage and the standard maize silages from the tower silo were characterised by a higher yeast count compared to standard maize in bales and powermais, which had a negative impact on aerobic stability.

Key words: mais silage, shredlage, powermais, silage quality, aerobic stability.

Literatur

- Beintmann S., Denissen J., Hoffmanns C., Hoppe S., Hünting K., Spelt J.H., Steevens L., Wolzenburg C., Gerlach K. & Maack C., 2016. Silier- und Fütterungsversuch mit Shredlage-Silage im Vergleich zu Maissilage mit herkömmlicher Häcksellänge. *Riswickter Ergebnisse* 2/2016, 60 S.
- Hünting K., Schneider M., Spiekers H. & Pries M., 2018. Effect of shredlage maize harvesting technology on fermentation parameters, packing densities and aerobic stability of maize crop ensiled in bunker silos. *Proceedings of the XVIII International Silage Conference*, Bonn, Germany, 492–493.
- Morel I., Oberson J.L., Nadau V. & Wyss U., 2019. Shredlage- oder Standard-Ganzpflanzenmaissilage für die Ration in der Munimast? *Agrarforschung Schweiz* 10 (2), 60–67.
- Pries M., Denissen J. & Speit H.H., 2018. Silier- und Fütterungsversuche mit Shredlage-Maissilage im Vergleich zur Maissilage herkömmlicher Häcksellänge. Tagungsband 45. *Viehwirtschaftliche Tagung*, 65–73.
- Pries M., Bothe B., Beintmann S., Denissen J., Hoffmanns C., Hünting K., Hoppe S. & Maack C., 2016. Was kann der Shredlage-Mais wirklich? Silierung und Fütterung der Shredlage im Versuch. *Landwirtschaftliches Wochenblatt* 37, 15–17.
- Rothacher M., Wyss U. & Arrigo Y., 2019. *In vivo* Verdaulichkeit von Maissilagen geerntet mit unterschiedlichen Techniken. *Agrarforschung Schweiz* 10 (2), 54–59.
- Thaysen J., Gerighausen H.G., Maack C. & Richardt W., 2000. Häcksellänge Silomais: Heute kurz – morgen lang. Kann auf teure Spezialtechnik verzichtet werden? *Mais* 34 (3), 108–112.
- VDLUFA, 2012. Keimgehalte an Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen. *Methodenbuch III, Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*, 8. Ergänzungslieferung 2012.