

# In-vivo-Verdaulichkeit von Maissilagen geerntet mit unterschiedlichen Techniken

Myriam Rothacher, Ueli Wyss und Yves Arrigo

Agroscope, 1725 Posieux, Schweiz

Auskünfte: Myriam Rothacher, E-Mail: myriam.rothacher@agroscope.admin.ch



Ernte von Ganzpflanzenmaissilage bei Agroscope, Posieux; Shredlage geerntet mit dem patentierten System von CLAAS. (Foto: Yves Arrigo, Agroscope)

## Einleitung

Die Nährwerte der Ganzpflanzenmaissilagen (MGP) hängen stark von der Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) ab. Mittlerweile gibt es verschiedene Techniken, die darauf abzielen, den Nährwert der Maissilage zu verbessern.

In diesem Versuch wurde Powermais, eine mit Kolben angereicherte MGP, und Shredlage-MGP mit Standard-MGP im Hochsilo konserviert (MGPS) und Standard-MGP in Rundballen konserviert (MGPB) verglichen. Bei der Herstellung von Powermais werden drei Reihen Ganzpflanzenmais sowie bei drei weitere Reihen nur die Maiskolben geerntet. Dadurch wird Powermais energiereicher. Shredlage ist eine in den USA entwickelte Erntetechnik, patentiert von Landmaschinenhersteller CLAAS (Harsewinkel, Deutschland). Die Pflanze wird zuerst gehäckselt (zwischen 26 und 30 mm Häcksellänge), dann werden die Stängel durch die Cracker-Walzen in der Längsrichtung zerquetscht und die Körner zerkleinert. Die Cracker-Walzen haben die Besonderheit, dass

sie ein spezifisches Profil besitzen und mit unterschiedlichen Rotationsgeschwindigkeiten arbeiten, so dass die Körner zerkleinert und die Stängel zerquetscht werden. Laut CLAAS (2018) wird ein Zerkleinerungsgrad der Körner von mindestens 70 % erreicht und der Anteil der über 19 mm grossen Partikel beträgt 25 %.

Ziel dieser Versuche war es, die *In-vivo*-Verdaulichkeiten und die Nährwerte von Maissilagen zu vergleichen, die mit unterschiedlichen Techniken geerntet und konserviert wurden. Ausserdem sollte die Gültigkeit der Regressionsgleichungen der vOS, die in den Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer, auch Grünes Buch genannt (Agroscope 2016) zu finden sind, für MGP-Shredlage überprüft werden.

## Material und Methode

### Tiere

Die Bestimmung der scheinbaren Verdaulichkeit erfolgte pro Behandlung mit je vier kastrierten Schafen der Rasse Braunköpfiges Fleischschaf (Typ Oxford). Die Tiere wurden zehn Tage vor der Anpassungsphase in Gruppenhaltung schrittweise an die Maissilage gewöhnt. Sie wurden nach Alter ( $4,2 \pm 2,2$  Jahre) und Gewicht ( $82,0 \pm 15,8$  kg) (Durchschnitt  $\pm$  Standardabweichung) auf die verschiedenen Behandlungen aufgeteilt. Nach einer dreiwöchigen Adaptationsphase in Gruppenhaltung, während der in den beiden letzten Wochen eine individuelle Fütterung erfolgte, wurden die Tiere in aneinandergrenzenden Einzelboxen angebunden gehalten. Es wurde den Tieren ein Geschirr angelegt, um den Kot zu sammeln. Während je vier Tagen in den zwei darauffolgenden Wochen wurde der eigentliche Verdauungsversuch durchgeführt. Die Rationen wurden dem Gewicht der Tiere angepasst ( $0,38$  MJ umsetzbarer Energie/kg  $LG^{0,75} \times 1,1$ ). Die Ration bestand aus Maissilage, ergänzt mit Sojaschrot, so dass wenigstens 110g Rohprotein pro kg Trockensubstanz (TS) erreicht wurde. Durch eine Mineralstoffergänzung wurde die Zufuhr von 1,6g Natrium/Tag sichergestellt.

### Futter

Die verschiedenen Maissilagen wurden im Abstand von einigen Tagen geerntet: Die MGPS wurde am 22.09.2016 geerntet, die MGPB am 23.09.2016, die in Rundballen konservierte MGP-Shredlage am 26.09.2016 und der in Rundballen konservierte Powermais am 10.10.2016. Alle Maissilagen wurden ohne Siliermittel konserviert. Alle Maissilagen wurden mit derselben Sorte (Gottardo) hergestellt. Die Häcksellänge betrug bei MGPS und MGPB sowie bei Powermais 10mm und bei MGP-Shredlage 30mm.

### Regressionsgleichungen

Zur Schätzung der vOS und zur Berechnung der Nährwerte wurden die Regressionsgleichungen der vOS von Mais verwendet, die in den Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Agroscope 2016) veröffentlicht sind.

#### Mais ganze Pflanze

$$VOS = -1016,7 + (OS \times 1,8) + [(RP \times NFE)/1000 \times 1,106] + [(RP_{OS} \times HEM_{OS})/1000 \times -3,01] + [(RF_{OS} \times NDF_{OS})/1000 \times -0,0013] + 10,3$$

#### Mais keine ganze Pflanze

$$VOS = -1016,7 + (OS \times 1,8) + [(RP \times NFE)/1000 \times 1,106] + [(RP_{OS} \times HEM_{OS})/1000 \times -3,01] + [(RF_{OS} \times NDF_{OS})/1000 \times -0,0013] - 10,3$$

$$vOS = VOS/OS$$

OS organische Substanz; vOS Verdaulichkeit der OS; VOS verdauliche OS; RP Rohprotein; RF Rohfaser; NFE stickstofffreie Extraktstoffe; HEM Hemicellulose; NDF Zellwände

### Partikelfractionen

Um die Anteile der verschiedenen Partikel in den vier Silagen zu vergleichen, wurde eine Schüttelbox (Penn State Particle Separator, Nasco, USA) verwendet. Es wurden die Instruktionen des Herstellers befolgt: je Seite fünf Mal Vor- und Rückbewegungen über eine Strecke von 15 cm, mit zwei vollständigen Durchgängen. Es wurden somit die Anteile an den drei Fraktionen (> 19 mm, 19–8 mm, <8 mm) quantifiziert.

## Resultate und Diskussion

Gemäss den Analysen (Tab. 1) gab es bei der MGP-Shredlage nur geringe Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung im Vergleich zu den beiden Standard-MGP. Einzig der Stärkegehalt unterschied sich mit + 10 % in erwähnenswertem Ausmass. Bei der Untersuchung von Morel *et al.* (2019), wo der gleiche Mais über eine längere Zeitdauer verwendet wurde, war die Differenz beim Stärkegehalt 5 %. Beim Vergleich der MPE-Shredlage mit dem Powermais liess sich ein höherer Anteil von Zellwandbestandteilen (+27 % Rohfaser RF, +55 % ADF und +41 % NDF), von Rohprotein (+ 12 %) sowie von Kalzium (+49 %) feststellen, während der Phosphorgehalt tiefer

### Zusammenfassung

In einem Verdauungsversuch mit Schafen wurde die Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Nährwerte von Ganzpflanzmaissilagen (MGP) untersucht, die auf unterschiedliche Weise geerntet worden waren. Verglichen wurden vier Verfahren: Standard-MGP aus dem Hochsilo, welche mit einer Silofräse entnommen wurde, Standard-MGP in Ballen, MGP-Shredlage und MGP mit Kolben angereichert (Powermais). Gemäss den chemischen Analysen waren die Gehalte der beiden Standard-MGP und MGP-Shredlage vergleichbar. Powermais hingegen unterschied sich von den anderen Verfahren durch tiefere Gehalte an Zellwandbestandteilen und höhere Gehalte an Stärke. Keine Unterschiede gab es bei den MGP bezüglich Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS), des Rohproteins, der Rohfasern, der ADF, der NDF und der Bruttoenergie. Die vOS von Powermais lag um 4,5 % höher (P=0,046) im Vergleich zu den beiden Standard MPE. Weder die Erntemethode (Standard vs. Shredlage) noch die Konservierungsart (Silo vs. Ballen) hatten einen Einfluss auf die Verdaulichkeiten der MGP (Powermais ausgeschlossen). Bei den Nährwerten der verschiedenen MGP-Silagen gab es keine Unterschiede. Die Regressionsgleichungen zur vOS aus den Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer haben im Vergleich zu den *In-vivo*-Verdaulichkeiten zuverlässige Schätzungen ermöglicht. Bezüglich den Partikelfractionen bestand MGP-Shredlage aus mehr langen Partikeln als die Standard-MGP, mit 21 % erreichte das Total aber den von CLAAS angegebenen Wert von 25 % nicht ganz. Die Konservierungsmethode der MGP beeinflusste den Partikelanteil nicht: Die Anteile der verschiedenen Partikelfractionen bei Silo und Ballen waren ähnlich. Die Entnahme mit der Silofräse hatte also keinen Einfluss auf die Partikellängen.

(–8 %) war. Powermais enthielt einen höheren Anteil an Kolben und folglich an Stärke (+20 %). Deutliche Unterschiede gab es bei einem Vergleich von Powermais mit den beiden Standard-MGP: eine Verminderung der Zellwandbestandteile (–24 % RF, –32 % ADF, –25 % NDF) und des Kalziums (–27 %), aber ein höherer Stärkeanteil (+37 %). Diese Zahlen decken sich mit den Ergebnissen

eines früher durchgeführten Verdauungsversuches mit Powermais (Arrigo *et al.*, 2016).

### Verdaulichkeitskoeffizienten

In Abbildung 1 sind die wichtigsten Ergebnisse zu den Verdaulichkeitskoeffizienten aufgeführt. Bei der vOS unterschied sich mit einer Zunahme um durchschnittlich 4,5 Prozentpunkte nur Powermais von Standard-MGP ( $P=0,046$ ). Bei der Verdaulichkeit des Rohproteins (vRP) war der 5 % höhere Wert von MGP Shredlage im Vergleich zu den übrigen Maissilagen des Versuchs nicht unterschiedlich ( $P=0,65$ ). Keine Unterschiede gab es auch bei der Verdaulichkeit der RF, der ADF und NDF ( $P>0,1$ ) sowie bei der Verdaulichkeit der Bruttoenergie ( $P=0,13$ ). Ein in Deutschland von Ettle (2016) durchgeführter Versuch mit Schafen ergab weniger gute vOS, vRP und Verdaulichkeit der Fasern für Shredlage (26 mm Häcksellänge) im Vergleich zu Standard Maissilagen (7 mm Häcksellänge), wobei die Unterschiede aber nicht signifikant waren.

### Schätzung der Verdaulichkeit der organischen Substanz von Maissilagen

Bei der Verwendung der Regressionsgleichungen für die vOS (Agroscope 2016) wurden die Werte im Vergleich zur experimentell bestimmten vOS um 1,9 bis 3,2 % überschätzt (Abb. 2). Der Unterschied der vOS von Powermais (bei Verwendung der Regression für Nicht-MGP) lag bei -2,6 %. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Regressionsgleichungen für die Schätzung der vOS verschiedener Maissilagen, die mit unterschiedlichen Methoden geerntet wurden, herangezogen werden können.

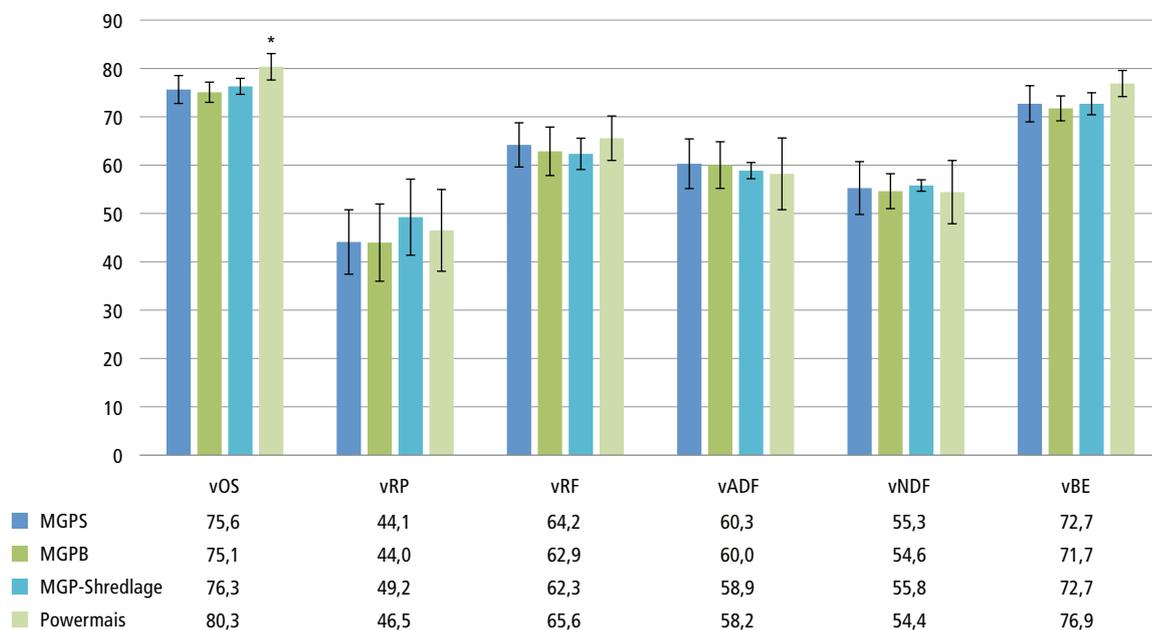
### Nährwerte der Maissilagen

Die Nährwerte der verschiedenen MGP-Maissilagen, berechnet mit der *in vivo* bestimmten vOS, wiesen keine deutlichen Unterschiede auf (Tab. 2): Die Nettoenergie für die Milchproduktion (NEL) und die Nettoenergie für die Fleischproduktion (NEV) waren identisch. Weder die Erntemethode (MGP Shredlage gegenüber beide Standard-MGP) noch die Konservierungsart (MPES gegen-

Tab. 1 | Chemische Zusammensetzung von Maissilage (g/kg TS oder angegeben)

	Standard MGPS	Standard MGPB	MGP Shredlage	Powermais
Trockensubstanz, in %	30,2	32,6	32,4	42,2
Rohprotein	66,6	67,6	69,1	61,6
Rohfaser	196	180	181	142
Asche	28,4	29,2	30,3	22,4
ADF	217	208	211	145
NDF	362	358	363	271
Kalzium	1,35	1,14	1,35	0,91
Phosphor	1,96	2,04	2,00	2,18
Magnesium	1,01	0,84	0,94	0,95
Kalium	7,84	8,05	8,99	6,38
Bruttoenergie, in MJ/kg TS	19,1	18,9	19,0	18,8
Stärke	373	375	412	513
Fett	24,1	33,7	31,4	34,2
Alanin	5,44	5,11	4,71	4,61
Arginin	1,19	1,16	1,16	1,18
Aspartat	3,14	3,67	4,42	4,21
Cystin	0,97	1,05	1,06	1,18
Glutaminsäure	8,48	8,86	8,15	8,32
Glycin	2,65	2,59	2,65	2,45
Histidin	1,58	1,49	1,67	1,63
Isoleucin	2,39	2,40	2,42	2,16
Leucin	6,59	6,82	6,86	6,53
Lysin	1,16	1,39	1,84	1,77
Methionin	1,04	1,12	1,07	1,10
Phenylalanin	2,96	3,01	3,04	2,76
Prolin	4,82	4,90	5,06	5,11
Serin	2,66	2,56	2,86	2,37
Threonin	2,27	2,31	2,34	2,21
Tryptophan	0,36	0,38	0,53	0,37
Tyrosin	3,53	3,08	2,42	3,13
Valin	3,35	3,35	3,40	3,13
C18:2n-6 (Linolsäure)	13,8	17,4	14,8	23,2
C18:1 (Ölsäure)	5,11	6,09	5,23	8,18

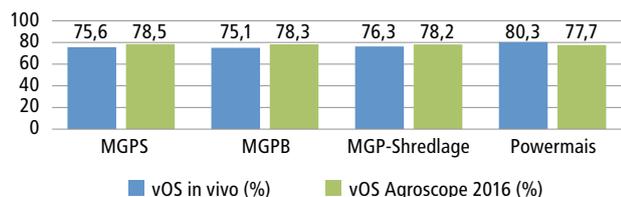
MGP Ganzpflanzenmaissilage; MGPS MGP im Silo; MGPB MGP in Ballen; TS Trockensubstanz



\*P < 0,05; vOS Verdaulichkeit der organischen Substanz; vRP Verdaulichkeit des Rohproteins; vRF Verdaulichkeit der Rohfaser; vADF Verdaulichkeit der Lignocellulose; vNDF Verdaulichkeit der Zellwände; vBE Verdaulichkeit der Bruttoenergie; MGP Ganzpflanzenmaissilage; MGPS MGP im Silo; MGPB MGP in Ballen

Abb. 1 | Verdaulichkeitskoeffiziente von Maissilagen (%).

über MPEB) hatten Auswirkungen auf die Nährwerte. Dies war darauf zurückzuführen, dass die Verdaulichkeiten und die Gehalte bei allen MGP-Maissilagen ähnlich waren. Da Powermais einen höheren Stärkegehalt aufwies und damit energiereicher war, erreichte er erwartungsgemäss höhere Nährwerte. Beim APDE (absorbierbares Protein im Darm, aufgebaut aus verfügbarer Energie) liess sich kein Unterschied feststellen. Dies war auch für APDN (APD aus abbaubarem Rohprotein) gültig. Eine in Deutschland von Pries und Bothe (2016) durchgeführte Studie verglich Shredlage mit Standard-Maissilage im Hinblick auf die Konservierung und Fütterung (einschliesslich pH im Pansen und Wiederkauaktivität). Die Ergebnisse zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Futtermitteln. Eine andere in



MGP Ganzpflanzenmaissilage; MGPS MGP im Silo; MGPB MGP in Ballen; vOS Verdaulichkeit der organischen Substanz

Abb. 2 | Durch Regressionsgleichungen (Agroscope 2016) berechnete und im In-vivo-Versuch gemessene vOS von Maissilagen, die mit unterschiedlichen Techniken geerntet wurden.

Tab. 2 | Nährwerte von Maissilagen, die nach unterschiedlichen Methoden geerntet wurden, berechnet mit der in vivo bestimmten Verdaulichkeit der organische Substanz

	MGPS	MGPB	MGP-Shredlage	Powermais
NEL, MJ	6,7	6,7	6,8	7,3
NEV, MJ	7,0	6,9	7,1	7,8
APDE, g	65	64	65	64
APDN, g	42	42	43	38

MGP Ganzpflanzenmaissilage; MGPS MGP im Silo; MGPB MGP in Ballen; NEL Netto Energie Laktation; NEV Netto Energie Mast; APDE absorbierbares Protein im Darm, aus verfügbarer Energie; APDN APD aus abbaubarem Rohprotein

Deutschland durchgeführte Studie mit 48 Milchkühen zeigte keine verbesserten Resultate für Shredlage, da weder die Leistungen noch die TS-Aufnahme bei den mit Shredlage gefütterten Kühen im Vergleich zu den mit Standard-Maissilage gefütterten Kühen besser waren (Ettle 2016).

### Partikelanteile

Gemäss den Herstellern der Erntemaschinen besteht der Hauptvorteil von Shredlage in den längeren Partikeln. Die Fraktion mit einer Partikellänge von über 19 mm sollte 25 % (CLAAS 2018) erreichen. Diese Erwartung liess sich mit dem Partikelseparator nicht ganz bestätigen:

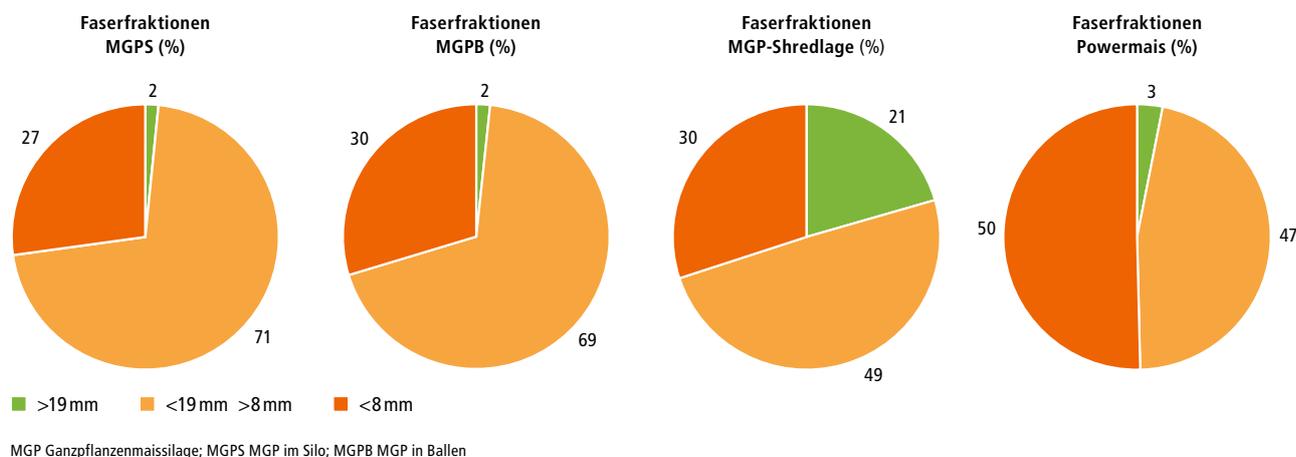


Abb. 3 | Anteile der verschiedenen Faserfraktionen der Maissilagen nach der Trennung mit dem Partikelseparator.

Der Anteil dieser Partikelfraktion lag im vorliegenden Versuch bei durchschnittlich 21 % (n=9; Standardabweichung  $\pm 7$  %), wobei die Werte von 11 bis 31 % reichten. Allerdings erreichte der prozentuale Anteil der langen Partikel (> 19 mm) bei der MPE-Shredlage im Vergleich zu den anderen Maissilagen klar den höchsten Wert (Abb. 3). Wenn der Anteil aller Partikel über 8 mm betrachtet wird, das heisst jener Partikel, welche die Wiederkauaktivität begünstigen, waren jedoch alle MGP-Silagen ähnlich, nur Powermais ist darunter geblieben. Theoretisch erhöht eine gröbere Zerkleinerung den Anteil an peNDF (physically effective Neutral Detergent Fiber, d.h. die Partikelfraktion, welche die Wiederkauaktivität hervorruft). Die Ergebnisse dieser Berechnung (NDF-Gehalt  $\times$  pef; wobei pef: Total der Partikel > 8 mm in %) waren bei allen MGP-Silagen (mit Ausnahme von Powermais) in diesem Versuch ähnlich (peNDF MGPS 26,4 %; MGPB 25,4 %; MGP-Shredlage 25,4 %; Powermais 13,6 %), was nicht überrascht, da der NDF-Gehalt und das Total der effektiven Partikelfraktionen bei den MGP-Silagen ähnlich waren. Eine Verbesserung durch die Shredlage-Technik liess sich nicht bestätigen.

## Schlussfolgerungen

Da weder die vOS noch die vRP von MGP-Shredlage sich von den Verdaulichkeiten der beiden Standard-MGP statistisch unterschieden, waren die Nährwerte ähnlich. Der angekündigte Vorteil bezüglich höherem Anteil an längeren Partikeln der MGP-Shredlage gegenüber Standard-MGP konnte nicht bestätigt werden, da die peNDF Werte alle ähnlich waren. Die Regressionsgleichungen zur vOS (Agrscope 2016) können für die Schätzung der vOS von MGP-Shredlage verwendet werden, da die Abweichungen im Vergleich zu den *In-vivo*-Messungen in der Grössenordnung von weniger als 2 % lagen. Die Konservierungsart zeigte in diesem Versuch keinen Einfluss auf die Verdaulichkeitskoeffizienten der MGP, da MGPS und MGPB ähnliche Werte aufwiesen. Zum jetzigen Zeitpunkt sprechen keine Argumente für eine Anwendung der Shredlage-Methode bei der Ernte von MGP. Die Anwendung der Shredlage-Technik sollte jedoch erneut in Betracht gezogen werden, wenn sich herausstellt, dass die Standardrationen für Wiederkäuer aufgrund geänderter Produktionsbedingungen überarbeitet werden müssen. ■

### Literatur

- Arrigo Y., Wyss U. & Morel I., 2016. Verdaulichkeit von Powermaissilage als Alleinfutter oder als Bestandteil von Mischrationen. *Agrarforschung Schweiz* 7, (9), 384–389.
- Agroscope, 2016. Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch). Zugang: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienst/futtermittel/fuetterungsempfehlungen-wiederkaeuer.html> [November 2018].
- CLAAS, 2018. SHREDLAGE® harvest recommendations. Zugang: <https://www.claasofamerica.com/product/forage-harvesters/shredlage/harvest-recommendations> [Dezember 2018].
- Ettle T., 2016. Shredlage – Hype oder Fortschritt. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Morel I., Oberson J.-L., Nadan V. & Wyss U., 2019. Shredlage- oder Standard-Ganzpflanzenmaissilage für Mastmünis? *Agrarforschung Schweiz* 10 (2), 60–67.
- Pries M. & Bothe B., 2016. Riswicker Ergebnisse 2/2016. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. Fachbereich 71 – Tierproduktion, Bad Sassen-dorf, 57 S.

## Riassunto

### Digeribilità *in vivo* di insilati di mais raccolti con tecniche diverse

Nell'ambito di una prova sulla digeribilità dei foraggi, sono stati analizzati la digeribilità della sostanza organica e i valori nutritivi di insilati di pianta intera di mais (PIM) raccolti con tecniche diverse. Il confronto ha interessato quattro varianti: PIM standard insilata in silo a torre munito di fresa desilatrice, PIM standard insilata in balle fasciate, PIM shredlage e PIM powermais (arricchita in spighe). Le analisi chimiche hanno mostrato che i contenuti delle due varianti PIM standard e di quella PIM shredlage sono risultati essere paragonabili. La variante PIM powermais, invece, si è distinta dalle altre tre per delle concentrazioni più basse di costituenti parietali e più elevate di amido. Tra le varianti non sono state rilevate differenze a livello di: digeribilità della sostanza organica (dSO), proteina grezza, cellulosa grezza, fibra acido-detersa (ADF), fibra neutro-detersa (NDF) e energia totale. La dSO rilevata nella variante PIM powermais è risultata essere del 4,5 % più elevata ( $P=0,046$ ) rispetto a quella delle due varianti PIM standard. Né la tecnica di raccolta (standard rispetto a shredlage), né quella di conservazione (silo rispetto a balle fasciate) hanno influenzato la digeribilità della PIM, ad eccezione della variante PIM powermais. A livello di valori nutritivi, non sono emerse differenze tra le varianti. Confrontate con i risultati della dSO misurata *in vivo*, le corrispondenti equazioni di regressione, inserite nella pubblicazione «Raccomandazioni alimentari per ruminanti» (in tedesco e francese), hanno dimostrato la loro accuratezza. A livello strutturale, rispetto a quanto capita nelle due varianti PIM standard, nella variante PIM shredlage si trovano costituenti di lunghezza maggiore, anche se la loro percentuale raggiunge solo 21 % a fronte del 25 % dichiarato da CLAAS. La tecnica di conservazione non ha influenzato la struttura del foraggio, perché le percentuali delle differenti frazioni costituenti sono risultate essere simili per le varianti PIM silo e PIM balle. L'utilizzo della fresa desilatrice non ha modificato la lunghezza delle particelle dell'insilato.

## Summary

### *In vivo* digestibility of maize silages harvested with different techniques

A trial was carried out to determine the organic-matter digestibility and nutritional value of whole-plant maize silages (WPMS's) harvested in different ways. Four methods were compared: standard WPMS from the tower silo removed with a silo unloader, standard WPMS in bales, WPMS shredlage, and cob-enriched WPMS (power maize). According to the chemical analyses, the nutritional content of the two standard WPMS and WPMS shredlage were comparable. By contrast, power maize differed from the other processes owing to its lower content of cell-wall components and higher starch content. There were no differences with the WPMS in terms of digestibility of organic matter (DOM), crude protein, crude fibre, ADF, NDF and gross energy. Power maize DOM was 4.5 % higher ( $P=0.046$ ) than that of both standard WPMS's. With the exception of power maize, neither the harvest method (standard vs. shredlage) nor conservation method (silo vs. bales) influenced WPMS digestibility. There were no differences in terms of the nutritional values of the various WPMS silages. The regression equations for predicting DOM obtained from the Feed Recommendations for Ruminants permitted a precise estimate of the DOM values in comparison to the DOM obtained *in vivo*. In terms of particle fractions, WPMS shredlage is composed of more long particles than the two standard WPMS's, but at 21 % the total failed to achieve the 25 % score announced by CLAAS. The WPMS conservation method did not influence the percentage of particles: the proportions of the different particle fractions were similar for both silo and bales. Removal with the silo unloader thus had no influence on particle lengths.

**Key words:** silage, maize, shredlage, powermais.