

Einfluss von Silomais-Sorte und -Erntezeitpunkt auf Futterwert, Futteraufnahme und Milchleistung

*Effect of forage maize variety and harvest date on nutritive value,
feed intake and milk yield*

Georg Terler^{1*}, Leonhard Gruber¹, Sebastian Ortner², Anton Schauer¹, Marc Urdl¹,
Barbara Steiner¹ und Franz Kastenhuber³

Zusammenfassung

Da Maissilage in Gunstlagen ein wichtiges Grundfüttermittel in der Rinderfütterung ist, gilt es den Futterwert von Silomais zu beachten, um hohe Leistungen zu ermöglichen. Neben anderen Faktoren haben Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr einen Einfluss auf die Silomaisqualität. Deshalb wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein dreijähriges Projekt durchgeführt, im Zuge dessen Nährstoffzusammensetzung und ruminale Abbaubarkeit von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze sowie die Verdaulichkeit, Futteraufnahme und Milchleistung von Gesamtpflanzensilagen verschiedener Sorten untersucht wurden. Neun Sorten (Nuestro, NK Falkone, ES Beatle, Roberto, PR39T45, Ronaldinio, DK315, PR39F58 und Friedrixx) wurden zu drei unterschiedlichen Erntezeitpunkten (50, 55 und 60 % Trockenmasse-Gehalt im Kolben) geerntet, um den Einfluss von Sorte und Reifestadium auf den Futterwert von Silomais analysieren zu können.

Die Nährstoffzusammensetzung wurde vor allem vom Erntezeitpunkt beeinflusst. Mit fortschreitender Reife stieg der Gehalt an Nicht-Faser-Kohlenhydraten (NFC) und sank der Gehalt an Neutral-Detergentien-Faser (NDF) in Kolben und Gesamtpflanze. Weiters ging auch die ruminale Abbaubarkeit von Kolben, Rest- und Gesamtpflanze mit fortschreitender Reife deutlich zurück. Die Sorte hatte einen signifikanten Einfluss auf die ruminale Abbaubarkeit von Rest- und Gesamtpflanze sowie die Verdaulichkeit und den Ertrag der Gesamtpflanze. Hinsichtlich Futteraufnahme und Milchleistung wurden dagegen im Durchschnitt der drei Jahre kaum Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt. Die Ergebnisse des Versuchs zeigten jedoch, dass die ruminale Nährstoffabbaubarkeit von Silomais mit der Futteraufnahme und Milchleistung von Kühen positiv korreliert ist. Aus diesem Grund sollten Sorten mit geringer ruminale Abbaubarkeit bzw. Verdaulichkeit sowie späte Erntetermine (über 55 % Trockenmasse-Gehalt im Kolben) vermieden werden, um Maissilagen mit hohem Futterwert produzieren zu können.

Schlagwörter: Sorte, Reifestadium, Nährstoffzusammensetzung, ruminale Abbaubarkeit, Verdaulichkeit

Summary

Due to the fact that corn silage is an important forage in cattle feeding, its feeding value has to be considered in order to enable high yields of the animals. Beside other factors, variety, harvest date and year affect quality of forage maize. Thus, a triannual project was carried out at the AREC Raumberg-Gumpenstein, which aimed to investigate nutrient composition and rumen degradability of stover, ear and whole plant as well as digestibility and production value (feed intake and milk yield) of whole-crop silage from different varieties. Nine varieties (Nuestro, NK Falkone, ES Beatle, Roberto, PR39T45, Ronaldinio, DK315, PR39F58 and Friedrixx) were harvested at three different maturity stages (50, 55 and 60 % dry matter content in ear) to determine the effect of variety and harvest date on nutritive value of corn silage.

Nutrient composition was mainly affected by harvest date and year. Content of non-fiber carbohydrates (NFC) in the ear rose till middle harvest date. Thus, NFC content of whole plant increased with advancing maturity, as well, while content of fibrous components was declining. All three factors (variety, maturity stage and year) had a significant impact on rumen nutrient degradability of stover and whole plant. Rumen nutrient degradability of whole plant sank markedly with progressing maturity. Further, digestibility and yield of whole-crop silage was significantly affected by variety and year, as well. In contrast, minor differences were determined concerning feed intake and milk yield averaged over the three years of investigation. However, results indicate that rumen nutrient degradability has a major impact on feed intake and milk yield of cows. Thus, varieties with low rumen degradability and digestibility as well as late harvest (beyond 55 % dry matter content in ear) should be avoided to enable production of high-quality corn silage.

Keywords: variety, maturity stage, nutrient composition, rumen degradability, digestibility

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Stabstelle Analytik, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Nutztierwissenschaften, A-1180 Wien

³ Landwirt und Fachschullehrer, A-4654 Bad Wimsbach-Neydhardt

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Georg Terler, email: georg.terler@raumberg-gumpenstein.at

1. Einleitung

Silomais stellt in Gunstlagen einen wichtigen Bestandteil von Milchvieh- und Mastrinderrationen dar. Aufgrund seines hohen Energiegehalts wird er vor allem in der Milchviehfütterung häufig zum Ausgleich des Proteinüberschusses aus dem Grünlandfutter eingesetzt. Damit hohe Leistungen erzielt werden können, sollte bei der Ernte ein möglichst hoher Futterwert erreicht werden. Der Futterwert von Silomais wird jedoch von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst. Zum einen spielt der Anteil des Kolbens an der Gesamtpflanze, zum anderen aber auch die Nährstoffzusammensetzung und Verdaulichkeit von Kolben und Restpflanze eine wichtige Rolle. Diese pflanzenspezifischen Eigenschaften werden wiederum von umwelt- und managementbedingten Faktoren, wie z.B. Sorte, Erntezeitpunkt und Witterung, beeinflusst. Das Ziel der Silomais-Produktion sollte sein, gleichzeitig möglichst hohe Stärkegehalte über den Kolben und eine hohe Verdaulichkeit der Restpflanze zu erzielen (MAINKA 2009).

Allerdings entwickeln sich Stärkegehalt im Kolben und Verdaulichkeit der Restpflanze gegenläufig. Während der Stärkegehalt im Kolben mit zunehmender Reife ansteigt, geht die Restpflanzenverdaulichkeit zurück (THOMET et al. 1986). Die Verdaulichkeit ist jedoch von großer Bedeutung für den Futterwert von Silomais, da sie Futteraufnahme und Milchleistung von Kühen beeinflusst (OBA und ALLEN 1999, IVAN et al. 2005). Deshalb konzentrierte sich die Züchtung von Silomais in den letzten Jahren auf die Verbesserung der Restpflanzenverdaulichkeit, da erkannt wurde, dass in der Restpflanze noch großes Potential liegt, was den Futterwert von Maissilage betrifft (HEIN und GRUBER 2003, ZELLER et al. 2014).

Im amerikanischen Raum wurden in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Versuche mit Brown-midrib-3-Sorten durchgeführt (TOVAR-GOMEZ et al. 1997, OBA und ALLEN 1999, BALLARD et al. 2001, BARRIÈRE et al. 2004). Diese weisen im Vergleich zu konventionellen Sorten zwar geringere Erträge aber eine höhere Verdaulichkeit auf und ermöglichen auch eine höhere Futteraufnahme und Milchleistung bei Milchkühen (OBA und ALLEN 1999, BALLARD et al. 2001, BARRIÈRE et al. 2004). In anderen Versuchen wurden Blatt- und Korn-Typen verglichen, wobei die Verdaulichkeit der Maissilagen bei Blatt-Typen höher war als bei Korn-Typen (KUEHN et al. 1999, THOMAS et al. 2001). In Mitteleuropa wurden Versuche zum Vergleich von Sorten unterschiedlicher Reifezahlen durchgeführt, bei welchen sich zeigte, dass Restpflanzen von frühreifen Sorten (niedrige Reifezahl) geringere Gehalte an Neutral-Detergentien-Faser (NDF) sowie Säure-Detergentien-Faser (ADF) und somit eine höhere Verdaulichkeit aufweisen als Restpflanzen von spätreifen Sorten (ZELLER et al. 2009, ZELLER et al. 2014).

Neben der Sorte hat auch der Erntezeitpunkt einen großen Einfluss auf die Nährstoffzusammensetzung und Verdaulichkeit von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze. Mit zunehmender Reife nehmen vor allem der Gehalt an Faserkohlenhydraten in der Restpflanze (GRUBER et al. 1983, ETTLE und SCHWARZ 2003, ZELLER et al. 2009) und der Gehalt an Nicht-Faser-Kohlenhydraten (NFC) im Kolben (ETTLE und SCHWARZ 2003) zu. In der Gesamtpflanze steigt der Gehalt an löslichen und leicht

verdaulichen Kohlenhydraten an, während der Gehalt an schwer verdaulichen Faserkohlenhydraten sinkt (PEX et al. 1996, BAL et al. 1997, BAL et al. 2000). Das würde für möglichst späte Erntetermine sprechen. Allerdings geht bei späten Erntezeitpunkten sowohl die ruminale Abbaubarkeit und Verdaulichkeit der Restpflanze (GRUBER et al. 1983, AKBAR et al. 2002) als auch jene von Kolben (ETTLE et al. 2001, GRUBER und HEIN 2006) und Gesamtpflanze (BAL et al. 2000, ANDRAE et al. 2001, FILYA 2004) deutlich zurück. Diese Beziehungen unterstreichen, dass der optimale Erntezeitpunkt bei Silomais immer ein Kompromiss aus hohem Stärkegehalt im Kolben und hoher Verdaulichkeit der Restpflanze ist. Der Erntezeitpunkt entscheidet daher auch über den Gehalt an umsetzbarer Energie im Silomais, da dieser wesentlich vom Stärkegehalt und der Verdaulichkeit beeinflusst wird.

Um den Einfluss von Silomais-Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die Nährstoffzusammensetzung, ruminale Abbaubarkeit und Verdaulichkeit sowie Futteraufnahme und Milchleistung von aktuellen Silomais-Sorten zu untersuchen, wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein Forschungsprojekt durchgeführt. Im Zuge dieses Versuchs wurden neun verschiedene Silomais-Sorten unterschiedlicher Reifezahl in drei Jahren angebaut, geerntet und analysiert. Weiters wurde bei den Untersuchungen zur Nährstoffzusammensetzung und zur ruminale Abbaubarkeit zwischen drei Erntezeitpunkten unterschieden, um den Einfluss des Reifestadiums der Maispflanze auf den Futterwert und somit den optimalen Erntezeitpunkt feststellen zu können.

2. Tiere, Material und Methoden

Auf einem Versuchsfeld in Bad Wimsbach-Neydhardt in Oberösterreich wurden in einem dreijährigen Experiment neun verschiedene Silomais-Sorten angebaut, welche von Experten der Landwirtschaftskammern und der AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit) ausgewählt wurden. In *Tabelle 1* sind die neun untersuchten Sorten dargestellt, welche aufgrund ihrer Reifezahl in drei Reifegruppen (RG) eingeteilt wurden (RG 1 = früh bis mittelfrüh reife Sorten, RG 2 = mittelfrüh bis mittelspät reife Sorten, RG 3 = mittelspät bis spät reife Sorten). Die Versuche wurden in den Jahren 2007, 2008 und 2010 durchgeführt. Im Jahr 2009 vernichtete ein schweres Unwetter mit Hagelschlag den Maisbestand.

Alle Sorten wurden jedes Jahr zwischen 25. und 28. April angebaut. Bei der Untersuchung der Nährstoffzusammensetzung und ruminale Abbaubarkeit wurde zwischen drei Erntezeitpunkten unterschieden, welche sich nach dem Gehalt an Trockenmasse (TM) im Kolben richteten („früh“: 50 % TM, „mittel“: 55 % TM, „spät“: 60 % TM). Zu diesem Zweck wurden zu jedem Erntezeitpunkt 30 Pflanzen aus dem Bestand entnommen und der Kolben (Körner und Spindel) von der Restpflanze (Stängel, Blätter und Lieschen) getrennt. Nach der Ernte wurde der Kolben- bzw. Restpflanzenanteil der verschiedenen Maissorten bestimmt. Anschließend wurden Kolben und Restpflanze gehäckselt und in kleinen Kunststoffsilos siliert. Der restliche Bestand wurde zum mittleren Erntezeitpunkt in Rundballen siliert und anschließend für die Verdauungs- und Fütterungsversuche verwendet. Im Zuge der Ernte wurde auch eine Ertragsfeststellung durchgeführt.

Tabelle 1: Übersicht über die im Versuch verwendeten Sorten

Sorte	Reifegruppe	Reifezahl	Firma
Nuestro	1	230	Die Saat
NK Falkone	1	250	Syngenta
ES Beatle	1	260	Euralis/RWA
Roberto	2	270	Saatbau Linz
PR39T45	2	280	Pioneer
Ronaldinio	2	290	KWS/Semena
DK315	3	320	Saatbau Linz
PR39F58	3	320	Pioneer
Friedrixx	3	330	RAGT

2.1 Untersuchungen zur Nährstoffzusammensetzung und ruminalen Abbaubarkeit

Etwa drei Monate nach der Ernte wurden die kleinen Kunststoffsilos entleert und danach die Kolben- und Restpflanzensilagen gefriergetrocknet. Ein Teil dieses getrockneten Materials wurde für die Analyse der Weender Roh Nährstoffe, der Gerüstsubstanzen und der Verdaulichkeit *in vivo* (Cellulase-Methode) verwendet. Der Rest des gefriergetrockneten Probenmaterials wurde anschließend zur Untersuchung der ruminalen Abbaubarkeit herangezogen. Alle Analysen (Nährstoffzusammensetzung, ruminale Abbaubarkeit, Verdauungs- und Fütterungsversuch) wurden nach den Methoden des VDLUFA (2012) durchgeführt (Methoden: TM 3.1, Rohprotein (XP) 4.1.1, Rohfett (XL) 5.1.1, Rohfaser (XF) 6.1.1, Rohasche (XA) 8.1, aNDFom 6.5.1, ADFom 6.5.2, Lignin (ADL) 6.5.3, Cellulase 6.6.1).

Die Untersuchungen zur ruminalen Abbaubarkeit erfolgten nach der Methode von ØRSKOV et al. (1980) an vier pansenfistulierten Ochsen. Die Ochsen hatten ein durchschnittliches Lebendgewicht von 1.200 kg und wurden gemäß ihrem Erhaltungsbedarf mit einer Ration bestehend aus je 25 % Heu, Grassilage, Maissilage und Kraftfuttermischung versorgt. Bei der Restpflanze wurden zehn verschiedene Zeitstufen (0, 3, 6, 10, 14, 24, 42, 65, 92 und 120 Stunden) und beim Kolben neun verschiedene Zeitstufen (0, 3, 6, 10, 14, 24, 48, 72 und 96 Stunden) verwendet. Die Zeitstufe 0 wurde nicht inkubiert und diente der Ermittlung der sofort löslichen und rasch abbaubaren Fraktion des Futtermittels. Die detaillierte Methodik der Inkubation der Proben ist bereits in GRUBER et al. (2014) beschrieben, weshalb in diesem Bericht nicht mehr genauer darauf eingegangen wird.

Nach der Inkubation wurden die Probenreste getrocknet und anschließend die TM-Abbaubarkeit der Futtermittel berechnet. Im unabgebauten Material wurden die organische Masse (OM) sowie XP, NDF und NFC analysiert und darauf aufbauend die Abbaubarkeit dieser Nährstoffe bestimmt. Die Nährstoffzusammensetzung und die ruminale Abbaubarkeit der Gesamtpflanze wurden mithilfe des Kolben- bzw. Restpflanzenteils aus den Daten von Kolben und Restpflanze berechnet.

Die Berechnung der potentiellen Abbaubarkeit (PD) erfolgte nach der Formel von ØRSKOV und McDONALD (1979), wobei a die rasch und vollständig lösliche Fraktion, b die potentiell abbaubare Fraktion des Futtermittels,

c die Abbaurrate der Fraktion b und t die Inkubationszeit darstellt:

$$PD = a + b \times (1 - e^{-(c \times t)})$$

Die Berechnung der effektiven Abbaubarkeit (ED) erfolgte nach der Formel von ØRSKOV und McDONALD (1979), welche später von McDONALD (1981) und SÜDEKUM (2005) noch um die lag-time (Verzögerungszeit des Abbaus im Pansen) erweitert wurde:

$$ED = a + (b \times c) / (c + k) \times e^{-(k \times \text{lag})}$$

Als Passageraten (k) wurden in diesem Versuch 2, 5 und 8 %/h verwendet.

2.2 Verdauungsversuch

Von jeder Sorte wurde in jedem Erntejahr ein Verdauungsversuch mit 4 Hammeln (*in vivo*) nach den Leitlinien der GfE (1991) zur Bestimmung der Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen durchgeführt. Die Hammeln wurden nahe dem Erhaltungsbedarf gefüttert (1 kg TM pro Tag, in 2 Mahlzeiten), die erforderliche Proteinergänzung erfolgte mit 150 g Sojaextraktionsschrot pro Tag. Zusätzlich erhielten die Tiere 20 g Mineralfutter und 4 g Viehsalz pro Tag. Die Aufnahme an Futter und die Ausscheidung an Kot wurden täglich festgestellt. Die Tiere wurden in Stoffwechselläufigen gehalten. Der Versuch dauerte 4 Wochen, wobei die ersten 2 Wochen zur Anpassung an das Futtermittel dienten und in den beiden letzten Wochen die quantitative Erfassung der Futteraufnahme und Kotsausscheidung erfolgte. Auch die Analyse des Kotes für die Verdauungsversuche wurde nach den Methoden der VDLUFA (2012) durchgeführt, wobei der Gehalt an N im frischen Material bestimmt wurde, um N-Verluste während der Trocknung zu umgehen.

Die Berechnung des Gehalts an umsetzbarer Energie (ME) und Nettoenergie Laktation (NEL) erfolgte nach den Vorgaben der GfE (2001) unter Verwendung der im Verdauungsversuch bestimmten Verdaulichkeit. Die zur Ermittlung des Proteinwertes (nXP, RNB) erforderlichen Angaben zum Gehalt an unabgebautem Protein (UDP) wurden der DLG-Tabelle für Wiederkäuer (DLG 1997) entnommen.

2.3 Fütterungsversuch

Der Fütterungsversuch wurde als unvollständiges lateinisches Quadrat mit neun laktierenden Milchkühen der Rassen Brown Swiss, Fleckvieh und Holstein Friesian durchgeführt. Der Versuchsplan sah vor, dass jede Kuh in jedem Jahr je eine Sorte aus jeder Reifegruppe erhielt, sodass jede Sorte bei drei verschiedenen Kühen getestet wurde (Tabelle 2). Eine Versuchsperiode dauerte vier Wochen, wobei die ersten zwei Wochen als Angewöhnungsphase an die neue Sorte und die letzten zwei Wochen der Datenerfassung dienten.

Die Milchkühe wurden zweimal täglich (ab 05:30 und 16:30) gefüttert, wobei die Ration aus 75 % Maissilage (jeweilige Sorte), 8,5 % Heu und 16,5 % Sojaextraktionsschrot 44 (auf TM bezogen) bestand. Zusätzlich erhielten die Kühe Mineralfutter, Viehsalz und Futterkalk. Die Tiere wurden *ad libitum* gefüttert, wobei alle Komponenten separat verabreicht wurden. Ab einer Milchleistung von 26 kg/Tag erhielten die Kühe zusätzlich auch 0,39 kg Leistungskraftfutter pro kg zusätzlicher Milchleistung, welches aus 83,5 % Gerste und 16,5 % Sojaextraktionsschrot 44 bestand.

Tabelle 2: Versuchsdesign für den Fütterungsversuch

Kuh	Periode 1	Periode 2	Periode 3
1	<i>Nuestro</i>	<u>DK315</u>	Roberto
2	<i>NK Falkone</i>	<u>PR39F58</u>	PR39T45
3	<i>ES Beatle</i>	<u>Friedrixx</u>	Ronaldinio
4	Roberto	<i>Nuestro</i>	<u>DK315</u>
5	PR39T45	<i>NK Falkone</i>	<u>PR39F58</u>
6	Ronaldinio	<i>ES Beatle</i>	<u>Friedrixx</u>
7	<u>DK315</u>	Roberto	<i>Nuestro</i>
8	<u>PR39F58</u>	PR39T45	<i>NK Falkone</i>
9	<u>Friedrixx</u>	Ronaldinio	<i>ES Beatle</i>

Kursiv = Reifegruppe 1, Fett = Reifegruppe 2, Unterstrichen = Reifegruppe 3

Die Futteraufnahme der Kühe wurde täglich individuell erhoben. Der TM-Gehalt der Maissilage wurde täglich und jener der anderen Versuchsfuttermittel (Heu und Kraftfutter) wurde wöchentlich aus einer Sammelprobe durch Trocknung bei 105 °C für 24 Stunden ermittelt. Die bei der Trocknung von Silagen entstehenden Verluste an flüchtigen Fettsäuren, wurden nach den Angaben von WEISSBACH und KUHLA (1995) korrigiert. Die chemische Analyse der Maissilage erfolgte aus 2-wöchigen und jene der weiteren Futtermittel aus 4-wöchigen Sammelproben.

Die Milchkühe wurden zweimal täglich (ab 05:00 und 16:00) gemolken. Jeden Tag während der Versuchsperiode wurde die Milchmenge aus Morgen- und Abendgemelk berechnet und eine Mischprobe aus beiden Gemelken zur Analyse der Milchinhaltstoffe in das Qualitätslabor St. Michael (Steiermark) geschickt.

Tabelle 3: Nährstoffzusammensetzung und effektive Abbaubarkeit der Restpflanze in Abhängigkeit von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr

	Nährstoffzusammensetzung						effektive Abbaubarkeit ²					
	TM g/kg FM	OM	XP	NDF - g/kg TM -	ADF	ADL	NFC	ME ¹ MJ/kg TM	TM	OM	XP	NDF
Sorte												
Nuestro	194 ^{abc}	927	63	642	408	43 ^b	204	7,46 ^a	31,7 ^a	29,3 ^a	70,8 ^{ab}	20,1
NK Falkone	211 ^a	931	59	656	426	52 ^a	200	7,24 ^{ab}	28,8 ^{abc}	26,6 ^{ab}	68,4 ^{abc}	19,3
ES Beatle	186 ^c	930	63	666	434	53 ^a	185	7,02 ^{ab}	30,9 ^a	28,7 ^a	71,4 ^a	19,6
Roberto	195 ^{abc}	927	57	660	433	45 ^{ab}	195	7,24 ^{ab}	29,8 ^{ab}	27,5 ^{ab}	68,4 ^{abc}	20,5
PR39T45	208 ^{ab}	930	59	688	442	52 ^a	169	6,69 ^b	24,8 ^c	22,9 ^b	66,2 ^c	17,3
Ronaldinio	212 ^a	932	59	671	430	46 ^{ab}	188	7,12 ^{ab}	28,9 ^{abc}	26,9 ^{ab}	68,3 ^{abc}	19,8
DK315	183 ^c	933	61	661	423	46 ^{ab}	195	7,11 ^{ab}	29,1 ^{abc}	27,4 ^{ab}	68,3 ^{abc}	18,8
PR39F58	199 ^{abc}	929	61	677	436	48 ^{ab}	176	6,86 ^b	25,1 ^{bc}	22,8 ^b	68,2 ^{abc}	17,8
Friedrixx	190 ^{bc}	930	62	656	423	48 ^{ab}	197	7,05 ^{ab}	28,9 ^{abc}	27,0 ^{ab}	67,6 ^{bc}	18,9
Erntezeitpunkt												
Früh	180 ^c	930	65 ^a	656	425	48	193	7,27 ^a	28,6 ^b	26,5 ^{ab}	69,6 ^a	18,9 ^b
Mittel	190 ^b	930	59 ^b	663	430	48	192	7,00 ^b	30,9 ^a	28,6 ^a	69,4 ^a	20,3 ^a
Spät	223 ^a	931	57 ^b	673	430	48	186	7,00 ^b	26,5 ^c	24,5 ^b	66,9 ^b	18,2 ^b
Jahr												
2007	175 ^b	931	71 ^a	659	429	49	185	7,36 ^a	30,5 ^a	28,0 ^a	73,9 ^a	18,4 ^b
2008	211 ^a	928	53 ^c	665	420	47	194	6,85 ^b	26,2 ^b	24,5 ^b	65,3 ^b	18,0 ^b
2010	207 ^a	931	57 ^b	668	436	49	191	7,05 ^b	29,3 ^a	27,2 ^a	66,7 ^b	21,0 ^a
p Sorte	<0,001	0,032	0,042	0,060	0,185	0,003	0,151	0,011	<0,001	0,001	0,005	0,034
p Ernte	<0,001	0,631	<0,001	0,075	0,702	0,893	0,598	0,020	<0,001	<0,001	0,001	0,001
p Jahr	<0,001	0,075	<0,001	0,490	0,052	0,246	0,479	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001
p Sorte × Ernte	0,593	0,449	0,124	0,231	0,265	0,618	0,472	0,201	0,670	0,684	0,966	0,052
p Sorte × Jahr	0,072	0,054	0,007	0,134	0,050	0,001	0,244	0,019	0,331	0,369	0,527	0,095
p Ernte × Jahr	<0,001	0,022	<0,001	0,009	0,053	0,950	0,019	<0,001	0,764	0,916	<0,001	0,009
RSD	13	4	4	27	24	5	27	0,38	2,9	3,0	2,4	1,9
R ²	86,2	32,9	84,0	33,0	29,8	41,6	19,1	55,1	56,5	48,1	79,4	59,3

¹ nach Cellulase-Methode bestimmt, ² Passagerate k=5 %/h

2.4 Statistische Auswertung

Die Datenkontrolle wurde mit dem Programm Statgraphics Centurion XVII durchgeführt. Die Auswertung des Ertrags, der Nährstoffzusammensetzung, der Verdaulichkeit und der ruminalen Abbaubarkeit erfolgte ebenfalls mit diesem Programm. Der Fütterungsversuch wurde mit dem Statistikprogramm SAS 9.4 ausgewertet. Aufgrund der unterschiedlichen Datengrundlagen (ein oder mehrere Erntezeitpunkte) wurden bei den einzelnen Untersuchungen verschiedene Modelle verwendet. Im Folgenden sind die Auswertungsmodelle stichwortartig beschrieben:

Ertrag: Varianzanalyse; Einflussfaktoren: Sorte, Jahr; Wechselwirkungen: keine

Nährstoffzusammensetzung: Allgemeines lineares Modell (GLM); Einflussfaktoren: Sorte, Erntezeitpunkt, Jahr; Wechselwirkungen: Sorte×Erntezeitpunkt, Sorte×Jahr, Erntezeitpunkt×Jahr

Ruminale Abbaubarkeit: Allgemeines lineares Modell (GLM); Einflussfaktoren: Sorte, Erntezeitpunkt, Jahr; Wechselwirkungen: Sorte×Erntezeitpunkt, Sorte×Jahr, Erntezeitpunkt×Jahr

Verdaulichkeit: Varianzanalyse; Einflussfaktoren: Sorte, Jahr; Wechselwirkungen: keine

Fütterungsversuch: gemischtes Modell (MIXED); Einflussfaktoren: Sorte, Jahr, Periode; Wechselwirkung: Sorte×Jahr; Random: Tier(Jahr)/type=vc; Repeated: Woche (Periode)/type=ar(1), sub Tier(Sorte)

Beim gemischten Modell wurde die geeignete Kovarianzstruktur mit Hilfe der Anpassungsstatistik (AIC, BIC) ausgewählt. Die paarweisen Mittelwertvergleiche wurden bei allen Untersuchungen mit dem Tukey-Test durchgeführt. Als Signifikanzniveau wurde jeweils ein p-Wert von 0,05 angenommen. Signifikante Unterschiede zwischen Sorten, Erntezeitpunkten bzw. Jahren wurden mit unterschiedlichen Hochbuchstaben (a, b, c, ...) gekennzeichnet.

3. Ergebnisse

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse aus diesem Versuch dargestellt und beschrieben. Detailliertere Ergebnisse finden sich im Abschlussbericht des Projekts „Silomais9“ (TERLER et al. 2016).

3.1 Futterwert der Restpflanze

Die Sorte hatte einen signifikanten Einfluss auf den Gehalt an OM, XP, ADL und ME in der Restpflanze (Tabelle 3). Der Energiegehalt schwankte zwischen 6,69 MJ ME (PR39T45) und 7,46 MJ ME (Nuestro). Der Erntezeitpunkt und das Jahr beeinflussten jeweils den XP- und ME-Gehalt der Restpflanze signifikant, während bei allen anderen Nährstoffen kein Unterschied zwischen den Erntezeitpunkten und Jahren festgestellt wurde.

Im Gegensatz dazu hatten alle drei Faktoren (Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr) einen signifikanten Einfluss auf die effektive Abbaubarkeit von TM, OM, XP und NDF (bei einer Passagerate von 5 %/h). Hierbei zeigte sich,

dass die beiden Sorten mit dem geringsten Energiegehalt des Futters (PR39T45 und PR39F58) auch die geringste effektive TM-, OM- und NDF-Abbaubarkeit aufwiesen. Die Differenz zwischen der Sorte mit der höchsten OM-Abbaubarkeit (Nuestro, 29,3 %) und jener mit der niedrigsten (PR39F58, 22,8 %) betrug absolut 6,5 %. Die höchste effektive Abbaubarkeit der Nährstoffe wurde zum mittleren Erntezeitpunkt erreicht. Während der Unterschied zwischen erstem und zweitem Erntezeitpunkt nur bei der effektiven TM- und NDF-Abbaubarkeit signifikant war, nahm die effektive Abbaubarkeit aller Nährstoffe zwischen mittlerem und spätem Erntezeitpunkt deutlich ab. Die signifikanten Unterschiede zwischen den Jahren lassen darauf schließen, dass auch die Witterung während der Reifeperiode einen Einfluss auf die effektive Abbaubarkeit der Restpflanze hat.

3.2 Futterwert des Kolbens

Die Sorten unterschieden sich lediglich hinsichtlich des XP-Gehalts im Kolben signifikant voneinander (Tabelle 4). Tendenziell (p-Wert zwischen 0,05 und 0,10) zeigten sich auch Unterschiede zwischen den Sorten hinsichtlich des NFC-Gehalts sowie der effektiven TM- und OM-Abbaubarkeit des Kolbens. Mit Ausnahme von XP und ADL wurde der Gehalt aller Inhaltsstoffe sowie die effektive Abbaubarkeit von TM, OM, XP und NFC signifikant vom Erntezeitpunkt beeinflusst. Während der NDF- und ADF-Gehalt zwischen erstem und zweitem Erntezeitpunkt deutlich zurückging, nahm der NFC- und ME-Gehalt signifikant zu. Im Zuge des weiteren Reifeverlaufs änderte sich

Tabelle 4: Nährstoffzusammensetzung und effektive Abbaubarkeit des Kolbens in Abhängigkeit von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr

	Nährstoffzusammensetzung								effektive Abbaubarkeit ²			
	TM g/kg FM	OM	XP	NDF – g/kg TM –	ADF	ADL	NFC	ME ¹ MJ/kg TM	TM	OM	XP	NFC
Sorte												
Nuestro	555 ^a	984	87 ^a	172	80	14	680	13,33	70,2	70,2	85,8	85,8
NK Falkone	551 ^{ab}	985	81 ^{cde}	175	77	14	687	13,39	71,2	71,2	85,7	84,8
ES Beatle	521 ^{de}	985	82 ^{bcd}	174	79	14	685	13,42	70,5	70,5	84,7	84,4
Roberto	502 ^{ef}	985	86 ^{ab}	167	74	15	690	13,48	71,3	71,3	85,9	84,9
PR39T45	541 ^{abc}	985	78 ^e	161	73	13	701	13,41	71,8	71,8	86,0	85,3
Ronaldinio	532 ^{bcd}	985	85 ^{abc}	187	80	18	669	13,37	72,4	72,4	85,9	83,7
DK315	491 ^f	985	78 ^{de}	168	78	12	700	13,43	74,6	74,5	86,2	88,2
PR39F58	521 ^{cde}	985	81 ^{cde}	162	70	10	700	13,51	75,0	75,0	87,4	87,1
Friedrixx	516 ^{de}	985	81 ^{cde}	170	74	14	692	13,36	74,2	74,2	87,3	88,1
Erntezeitpunkt												
Früh	494 ^c	984 ^b	82	180 ^a	86 ^a	15	679 ^b	13,38 ^b	75,9 ^a	75,9 ^a	88,6 ^a	88,0 ^a
Mittel	522 ^b	985 ^{ab}	82	166 ^b	70 ^b	12	694 ^a	13,48 ^a	72,7 ^b	72,7 ^b	86,2 ^b	87,1 ^a
Spät	561 ^a	985 ^a	83	166 ^b	73 ^b	14	695 ^a	13,38 ^b	68,5 ^c	68,4 ^c	83,6 ^c	82,3 ^b
Jahr												
2007	481 ^c	983 ^b	86 ^a	208 ^a	98 ^a	25 ^a	647 ^b	13,29 ^c	77,9 ^a	77,9 ^a	89,0 ^a	89,4 ^a
2008	557 ^a	986 ^a	80 ^b	150 ^b	60 ^c	7 ^b	708 ^a	13,53 ^a	73,4 ^b	73,5 ^b	87,3 ^b	88,0 ^a
2010	538 ^b	986 ^a	81 ^b	153 ^b	70 ^b	10 ^b	713 ^a	13,42 ^b	65,8 ^c	65,7 ^c	82,0 ^c	80,0 ^b
p Sorte	<0,001	0,704	<0,001	0,197	0,719	0,812	0,050	0,161	0,050	0,051	0,355	0,131
p Ernte	<0,001	0,025	0,421	0,014	<0,001	0,385	0,017	0,013	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p Sorte × Ernte	0,748	0,824	0,483	0,839	0,621	0,467	0,770	0,309	0,658	0,668	0,645	0,587
p Sorte × Jahr	0,003	0,604	0,003	0,379	0,632	0,976	0,355	0,018	0,028	0,026	0,130	0,173
p Ernte × Jahr	<0,001	0,658	0,002	0,003	0,074	0,366	0,009	0,007	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
RSD	13	1	3	19	13	9	21	0,13	3,6	3,6	2,3	3,7
R ²	93,8	66,7	74,8	69,2	64,1	38,3	70,0	53,9	77,9	77,8	76,4	71,5

¹ nach Cellulase-Methode bestimmt, ² Passagerate k=5 %/h

die Zusammensetzung des Kolbens kaum noch, einzig der Energiegehalt ging signifikant zurück. Bei allen getesteten Nährstoffen wurde ein deutlicher Rückgang der effektiven Abbaubarkeit mit fortschreitender Reife festgestellt. Die effektive OM-Abbaubarkeit ging zwischen frühem und spätem Erntezeitpunkt um 7,5 % (absolut) von 75,9 auf 68,4 % zurück. Wie auch bei der Restpflanze wird auch die Nährstoffzusammensetzung und effektive Nährstoffabbaubarkeit des Kolbens signifikant vom Jahr, d.h. von den jährlich wechselnden Witterungsbedingungen während der Vegetationsperiode, beeinflusst.

3.3 Futterwert und Ertrag der Gesamtpflanze

Der OM-, XP- und ADF-Gehalt sowie der Kolbenanteil unterschieden sich signifikant zwischen den Sorten (Tabelle 6). Der Anteil des Kolbens an der Gesamtpflanze schwankte zwischen 51,0 % (ES Beatle) und 55,8 % (NK Falkone). Dagegen ergab die Bestimmung des Energiegehalts sowohl nach der Cellulase-Methode (Tabelle 6) als auch nach der *in vivo*-Methode (Tabelle 5) keinen signifikanten Unterschied zwischen den Sorten, wobei jedoch der p-Wert bei der *in vivo*-Methode nahe an der Signifikanzgrenze lag. Die Sorte hatte einen signifikanten Einfluss auf die effektive TM-, OM-, NDF- und NFC-Abbaubarkeit sowie die OM-, XP- und NFC-Verdaulichkeit der Gesamtpflanze. Die durchschnittliche OM-Abbaubarkeit der Sorten lag zwischen 52,5 und 55,8 % und die durchschnittliche OM-Verdaulichkeit reichte von 70,7 bis 74,2 %. Mit Ausnahme der NFC-Abbaubarkeit wies jeweils die Sorte PR39T45 die niedrigste Abbaubarkeit auf. Auch die Verdaulichkeit war jeweils bei dieser Sorte am niedrigsten. Die höchste effektive TM-, OM- und NFC-Abbaubarkeit wurde dagegen bei den drei spätreifen Sorten DK315, PR39F58 und Friedrixx festgestellt. Die höchste OM-Verdaulichkeit wies dagegen die Sorte Roberto auf (74,2 %).

Tabelle 5: Einfluss von Sorte und Jahr auf den ME- und NEL-Gehalt *in vivo* sowie den TM-, DOM- und ME-Ertrag von Silomais

	ME <i>in vivo</i> – MJ/kg TM –	NEL <i>in vivo</i>	TM- Ertrag – t/ha –	DOM- Ertrag	ME- Ertrag GJ/ha
Sorte					
Nuestro	10,69	6,43	16,9 ^b	11,8 ^b	181,0 ^b
NK Falkone	10,78	6,50	17,5 ^{ab}	12,3 ^{ab}	188,7 ^{ab}
ES Beatle	10,59	6,36	18,0 ^{ab}	12,4 ^{ab}	190,4 ^{ab}
Roberto	10,84	6,54	17,5 ^{ab}	12,4 ^{ab}	189,5 ^{ab}
PR39T45	10,43	6,24	19,8 ^{ab}	13,4 ^{ab}	206,0 ^{ab}
Ronaldinio	10,84	6,54	20,4 ^a	14,4 ^a	221,2 ^a
DK315	10,72	6,45	16,9 ^b	11,8 ^b	181,1 ^b
PR39F58	10,70	6,44	19,7 ^{ab}	13,8 ^{ab}	211,1 ^{ab}
Friedrixx	10,46	6,27	17,0 ^b	11,6 ^b	177,8 ^b
Jahr					
2007	10,89 ^a	6,58 ^a	17,0 ^b	12,1 ^b	185,6 ^b
2008	10,45 ^c	6,25 ^c	19,5 ^a	13,2 ^a	203,2 ^a
2010	10,67 ^b	6,42 ^b	18,1 ^{ab}	12,6 ^{ab}	193,4 ^{ab}
p Sorte	0,058	0,052	0,005	0,009	0,010
p Jahr	<0,001	<0,001	0,001	0,038	0,040
RSD	0,17	0,12	1,1	0,8	13,0
R ²	76,5	77,2	77,9	71,6	70,9

Mit fortschreitender Reife nahmen der Kolbenanteil sowie der TM-, OM- und NFC-Gehalt signifikant zu, während der Gehalt an XP und Faserkohlenhydraten deutlich zurückging. Hinsichtlich des Energiegehalts wurde dagegen keine signifikante Veränderung während der Abreife festgestellt. Zwischen erstem und zweitem Erntezeitpunkt nahm die effektive XP- und NFC-Abbaubarkeit ab, während sie bei den anderen Nährstoffen nahezu konstant blieb. Die späte Ernte (dritter Erntezeitpunkt) führte dagegen zu einem signifikanten Rückgang der effektiven Abbaubarkeit aller Nährstoffe. Mit Ausnahme der NFC-Verdaulichkeit wurden alle Parameter der Nährstoffzusammensetzung, -abbaubarkeit und -verdaulichkeit signifikant vom Jahr beeinflusst.

Der Ertrag an TM, verdaulicher organischer Masse (DOM) und ME unterschied sich signifikant zwischen den Sorten und war jeweils bei der Sorte Ronaldinio (20,4 t TM-Ertrag) am höchsten (Tabelle 5). Der niedrigste TM-Ertrag wurde dagegen bei der Sorte Nuestro (16,9 t) und der geringste DOM- und ME-Ertrag bei der Sorte Friedrixx festgestellt. Alle drei Ertragsparameter wurden auch vom Jahr signifikant beeinflusst.

3.4 Futteraufnahme und Milchleistung

Im Durchschnitt der drei Erntejahre zeigte sich eine Tendenz (p-Wert zwischen 0,05 und 0,10) zu Unterschieden zwischen den Sorten hinsichtlich Maissilage-, Grundfutter-, Kraftfutter- und Gesamtfutteraufnahme (Tabelle 7). Bei allen Parametern der Futteraufnahme wies die Sorte NK Falkone die höchsten und die Sorte Friedrixx die niedrigsten Werte auf. Der Unterschied in der Maissilageaufnahme zwischen diesen beiden Sorten lag bei 2,0 kg/Tag. Sehr ähnliche Ergebnisse wurden auch hinsichtlich der Aufnahme an XP, nutzbarem Rohprotein (nXP) und NEL aus Grund- und Gesamtfutter festgestellt. Signifikante Unterschiede zwischen den Sorten traten bei der NEL-Aufnahme aus dem Grundfutter sowie bei der XP-, nXP- und NEL-Aufnahme aus dem Gesamtfutter auf. Das Jahr hatte einen signifikanten Einfluss auf alle Parameter der Futter- und Nährstoffaufnahme.

Die Silomais-Sorte hatte keinen Einfluss auf die tatsächliche Energie-korrigierte Milchleistung (ECM) sowie den Fett-, Eiweiß- und Laktosegehalt in der Milch. Hinsichtlich der (errechneten) ECM aus dem Grundfutter (Maissilage und Heu) wurden dagegen sehr wohl signifikante Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt. Die ECM aus dem Grundfutter lag je nach Sorte zwischen 16,1 (Friedrixx) und 21,1 kg/Tag (NK Falkone). Das Jahr beeinflusste alle Parameter der Milchleistung (mit Ausnahme des Eiweißgehalts) signifikant.

3.5 Korrelationen zwischen Parametern

Um feststellen zu können, wie einzelne Parameter des Futterwerts von Kolben, Restpflanze und Gesamtpflanze auf die Futteraufnahme und Milchleistung wirken, wurden Korrelationen berechnet. Die Verdaulichkeit der NDF stieg mit zunehmendem NDF-Gehalt der Gesamtpflanze an ($R^2=0,476$). Darüber hinaus wurde auch eine positive Korrelation zwischen NDF- und OM-Verdaulichkeit festgestellt ($R^2=0,581$).

Die Höhe der Maissilageaufnahme und Milchleistung wurde jedoch vor allem von der effektiven Abbaubarkeit der Nährstoffe im Pansen beeinflusst (Abbildung 1). Mit zuneh-

Tabelle 6: Nährstoffzusammensetzung, effektive Abbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit der Gesamtpflanze in Abhängigkeit von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr

Sorte	Kolben- anteil %	Nährstoffzusammensetzung			effektive Abbaubarkeit ²			Verdaulichkeit ³											
		TM g/kg FM	OM	XP	NDF	ADF	ADL	NFC	ME ¹ MJ/kg TM	TM	OM	XP	NDF	NFC					
Nuestro	53,6 ^{abc}	388 ^{ab}	958	76 ^a	390	232 ^{ab}	27	459	10,62	54,1 ^{ab}	53,5 ^{ab}	76,5	22,9 ^a	84,7 ^{ab}	72,9 ^{ab}	48,4	59,1	91,9 ^{ab}	
NK Falkone	55,8 ^a	401 ^a	961	72 ^{bc}	386	230 ^b	30	473	10,70	54,4 ^{ab}	53,9 ^{ab}	75,1	22,6 ^a	84,0 ^b	73,0 ^{ab}	47,8	57,3	91,7 ^{ab}	
ES Beatle	51,0 ^c	357 ^{de}	958	73 ^{bc}	415	252 ^a	33	440	10,33	53,1 ^{ab}	52,6 ^b	75,0	22,8 ^a	83,6 ^b	72,1 ^{ab}	49,9	58,5	91,8 ^{ab}	
Roberto	51,9 ^{bc}	355 ^{de}	957	72 ^{bc}	404	247 ^{ab}	29	452	10,49	54,3 ^{ab}	53,8 ^{ab}	76,2	24,0 ^a	84,6 ^{ab}	74,2 ^a	53,2	63,1	90,8 ^{ab}	
PR39T45	55,4 ^{ab}	391 ^{ab}	960	70 ^c	397	238 ^{ab}	31	463	10,40	52,8 ^b	52,5 ^b	75,3	19,4 ^b	84,4 ^{ab}	70,7 ^b	47,6	54,2	91,2 ^{ab}	
Ronaldinio	53,4 ^{abc}	384 ^{abc}	961	73 ^b	411	243 ^{ab}	31	446	10,47	54,0 ^{ab}	53,6 ^{ab}	76,1	22,3 ^{ab}	85,0 ^{ab}	73,5 ^a	50,8	60,4	92,1 ^a	
DK315	54,2 ^{abc}	348 ^c	961	71 ^{bc}	396	238 ^{ab}	27	467	10,51	56,0 ^a	55,8 ^a	76,2	22,0 ^{ab}	87,6 ^a	73,2 ^{ab}	50,6	60,0	92,2 ^a	
PR39F58	54,2 ^{abc}	374 ^{abd}	959	72 ^{bc}	397	237 ^{ab}	28	461	10,48	54,8 ^{ab}	54,4 ^{ab}	76,7	22,9 ^a	85,9 ^{ab}	72,9 ^{ab}	49,6	58,8	92,3 ^a	
Friedrixx	52,8 ^{abc}	363 ^{abc}	959	73 ^{bc}	396	237 ^{ab}	30	462	10,42	55,2 ^{ab}	54,9 ^{ab}	76,5	22,2 ^a	86,5 ^{ab}	72,1 ^{ab}	51,8	62,8	89,4 ^b	
Erntezeitpunkt																			
Früh	51,7 ^b	343 ^c	958 ^b	74 ^a	408 ^a	248 ^a	31	446 ^b	10,45	55,7 ^a	55,3 ^a	79,2 ^a	22,3 ^{ab}	87,9 ^a	74,6 ^a	48,4	59,1	91,9 ^{ab}	
Mittel	52,8 ^b	366 ^b	959 ^b	71 ^b	399 ^{ab}	239 ^b	29	458 ^{ab}	10,45	55,1 ^a	54,6 ^a	75,8 ^b	23,4 ^a	85,8 ^b	71,8 ^b	47,8	57,3	91,7 ^{ab}	
Spät	55,8 ^a	412 ^a	961 ^a	71 ^b	390 ^b	231 ^b	29	470 ^a	10,56	52,1 ^b	51,8 ^b	72,9 ^c	21,3 ^b	81,7 ^c	73,0 ^b	49,9	58,5	91,8 ^{ab}	
Jahr																			
2007	50,6 ^c	331 ^c	957 ^b	79 ^a	430 ^a	261 ^a	36 ^a	420 ^c	10,37 ^b	57,1 ^a	56,5 ^a	81,2 ^a	25,1 ^a	90,2 ^a	74,6 ^a	48,4	59,1	91,9 ^{ab}	
2008	56,8 ^a	408 ^a	961 ^a	68 ^c	373 ^c	215 ^c	24 ^c	486 ^a	10,64 ^a	55,2 ^b	55,1 ^b	76,3 ^b	20,5 ^b	86,4 ^b	71,8 ^b	49,9	58,5	91,8 ^{ab}	
2010	53,0 ^b	383 ^b	960 ^a	70 ^b	394 ^b	242 ^b	28 ^b	468 ^b	10,45 ^b	50,6 ^c	50,1 ^c	70,4 ^c	21,5 ^b	78,9 ^c	73,0 ^b	49,9	58,5	91,8 ^{ab}	
p Sorte	0,007	<0,001	0,018	<0,001	0,163	0,045	0,365	0,144	0,097	0,030	0,032	0,303	0,002	0,008	0,016	0,022	0,064	0,034	
p Ernte	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,021	<0,001	0,387	0,003	0,187	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,145	
p Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,145	
p Sorte × Ernte	0,569	0,690	0,518	0,066	0,552	0,123	0,437	0,702	0,158	0,258	0,271	0,096	0,556	0,251	<0,001	<0,001	0,001	0,145	
p Sorte × Jahr	0,028	<0,001	0,128	<0,001	0,866	0,410	0,971	0,786	0,309	0,010	0,011	0,003	0,180	0,005	<0,001	<0,001	0,001	0,145	
p Ernte × Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	0,018	0,001	0,004	0,312	0,001	0,017	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,145	
RSD	2,4	13	3	2	23	14	5	24	0,25	1,9	1,9	1,7	1,7	2,0	1,0	1,0	3,0	0,9	
R ²	73,2	94,0	56,5	87,9	58,2	71,4	44,7	63,7	36,3	80,8	79,5	91,7	70,6	89,9	80,0	80,8	71,2	63,1	

¹ nach Cellulase-Methode bestimmt, ² Passagerate k=5 %/h³ Für die Untersuchung der Verdaulichkeit *in vivo* wurde nur der mittlere Erntezeitpunkt herangezogen und die Wechselwirkung Sorte × Jahr nicht berücksichtigt, da sie nicht signifikant war.

mender effektiver OM-Abbaubarkeit des Futtermittels stiegen die TM-Aufnahme aus Maissilage ($R^2=0,567$) und die ECM ($R^2=0,494$) an. Auch die Abbaurate der NDF der Restpflanze war positiv mit der TM-Aufnahme aus Maissilage ($R^2=0,485$) und ECM ($R^2=0,526$) korreliert.

Die stärksten Korrelationen wurden jedoch zwischen der effektiven NFC-Abbaubarkeit und der TM-Aufnahme aus Maissilage ($R^2=0,648$) sowie der ECM ($R^2=0,639$) festgestellt. Die Maissilageaufnahme und in weiterer Folge die Milchleistung wurden also maßgeblich von der effektiven Abbaubarkeit der Futtermittel im Pansen beeinflusst. Eine Steigerung der effektiven OM-Abbaubarkeit der Maissilage um 10 % bewirkte einen Anstieg der Maissilageaufnahme um 3,5 kg TM/Tag sowie eine Erhöhung der ECM um 6,7 kg/Tag.

Die effektive Abbaubarkeit ist jedoch in der Praxis schwer zu erfassen. Daher wurden in *Abbildung 2* die untersuchten Maissilagen nach ihrer Reifegradzahl sowie ihrem TM-Gehalt in der Gesamtpflanze bzw. im Kolben in Gruppen eingeteilt und die effektive OM-Abbaubarkeit dieser Gruppen bei unterschiedlichen Passageraten im Pansen graphisch dargestellt. Zwischen den Reifegradgruppen sind die Unterschiede in der effektiven OM-Abbaubarkeit eher gering. Dagegen nahm die effektive Abbaubarkeit bei TM-Gehalten von über 35 - 40 % in der Gesamtpflanze deutlich ab. Wurden die Silagen nach ihrem TM-Gehalt im Kolben eingeteilt, so ging die effektive Abbaubarkeit ab einem TM-Gehalt von 50 - 55 % deutlich zurück. Der Rückgang der effektiven Abbaubarkeit mit fortschreitender Reife war umso größer, je höher die Passagerate, d.h. das Futteraufnahme-Niveau der Milchkühe, angenommen wurde. Je später die Maissila-

Tabelle 7: Tägliche Futter- und Nährstoffaufnahme sowie Milchleistung von Kühen in Abhängigkeit von Silomais-Sorte und Erntejahr

Sorte	Lebend- masse kg	Futteraufnahme			Nährstoffaufnahme			Milchleistung					Lak- tose			
		Mais	GF	KF	GES	XP aus GF	nXP aus GF	NEL aus GF	XP aus GES	nXP aus GES	NEL aus GES	ECM' - kg -		ECM aus GF ²	Fett	Eiweiß
Nuestro	658	13,4	14,9	3,8	18,7	1.213	1.922	94,8 ^{ab}	2.885 ^{ab}	2.865 ^{ab}	126,0 ^{ab}	27,2	18,0 ^{ab}	4,48	3,38	4,74
NK Falkone	621	14,7	16,4	4,1	20,5	1.256	2.100	104,8 ^a	3.080 ^{ab}	3.132 ^a	139,0 ^a	27,8	21,1 ^a	4,53	3,21	4,82
ES Beatle	641	13,7	15,3	3,8	19,2	1.175	1.947	96,8 ^{ab}	2.940 ^{ab}	2.921 ^{ab}	128,4 ^{ab}	28,3	18,6 ^{ab}	4,91	3,4	4,79
Roberto	667	13,4	14,9	3,7	18,6	1.142	1.930	96,8 ^{ab}	2.794 ^{ab}	2.863 ^{ab}	127,8 ^{ab}	26,1	18,5 ^{ab}	4,45	3,41	4,66
PR39T45	627	14,2	16,0	4,0	20,0	1.224	2.000	98,8 ^{ab}	3.056 ^{ab}	3.024 ^{ab}	132,4 ^{ab}	27,2	19,2 ^{ab}	4,49	3,24	4,74
Ronaldmito	642	13,5	15,2	3,8	19,0	1.182	1.962	97,9 ^{ab}	2.893 ^{ab}	2.917 ^{ab}	129,2 ^{ab}	27,7	19,0 ^{ab}	4,66	3,4	4,78
DK315	666	13,6	15,2	3,9	19,1	1.194	1.953	97,1 ^{ab}	2.983 ^{ab}	2.951 ^{ab}	129,7 ^{ab}	28,3	18,7 ^{ab}	4,64	3,39	4,71
PR39F58	629	14,2	15,9	4,0	19,9	1.230	2.041	101,8 ^{ab}	3.138 ^a	3.079 ^a	135,0 ^{ab}	27,9	20,1 ^{ab}	4,61	3,29	4,81
Friedrixx	649	12,7	14,2	3,5	17,8	1.126	1.809	89,3 ^b	2.755 ^b	2.706 ^b	118,4 ^b	27,9	16,1 ^b	4,95	3,42	4,76
Jahr																
2007	640	15,2 ^a	17,0 ^a	4,4 ^a	21,3 ^a	1.280 ^a	2.190 ^a	109,9 ^a	3.282 ^a	3.297 ^a	145,6 ^a	31,0 ^a	22,6 ^a	5,24 ^a	3,4	4,73 ^b
2008	653	14,7 ^b	16,4 ^a	4,2 ^a	20,5 ^a	1.293 ^a	2.074 ^b	102,4 ^b	3.294 ^b	3.158 ^a	136,8 ^a	28,8 ^a	20,3 ^b	4,54 ^b	3,39	4,91 ^a
2010	641	11,3 ^b	12,7 ^b	3,0 ^b	15,7 ^b	1.009 ^b	1.624 ^b	80,5 ^c	2.265 ^b	2.364 ^b	106,1 ^b	23,0 ^b	13,5 ^c	4,12 ^b	3,26	4,63 ^b
p Sorte	0,001	<0,001	0,068	0,076	0,057	0,149	0,070	0,045	0,018	0,032	0,037	0,939	0,039	0,780	0,574	0,758
p Jahr	0,938	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	0,305	<0,001
p Sorte × Jahr	0,003	0,385	0,359	0,854	0,215	0,119	0,317	0,321	0,034	0,120	0,164	0,181	0,308	0,998	0,725	0,426
RSD	10	1,3	1,4	0,4	1,7	99	172	8,7	235	246	11,4	3,4	2,7	0,70	0,25	0,17

¹ tatsächliche energie-korrigierte Milchleistung, ² errechneter Wert: (NEL aus GF - Erhaltungsbedarf NEL) / 3,2 (Ø Leistungsbedarf in NEL pro kg Milch)

gen geerntet wurden, desto geringer war also die effektive OM-Abbaubarkeit und somit auch die Maissilageaufnahme und ECM der Milchkühe.

4. Diskussion

Im vorliegenden Versuch wurde ein signifikanter Einfluss der Sorte auf den OM-, XP-, ADL- und ME-Gehalt sowie die effektive Nährstoffabbaubarkeit der Restpflanze festgestellt. VERBIČ et al. (1995), TOVAR-GOMEZ et al. (1997) und AKBAR et al. (2002) stellten zwischen Sorten ebenfalls deutliche Unterschiede hinsichtlich der ruminalen Abbaubarkeit der Restpflanze fest, während GRUBER und HEIN (2006) keine Sortenunterschiede in der OM-Verdaulichkeit beobachteten. Im Gegensatz zur eigenen Untersuchung traten in früheren Arbeiten auch signifikante Unterschiede hinsichtlich des Gehalts an leicht verdaulichen Kohlenhydraten (TOVAR-GOMEZ et al. 1997) sowie NDF und ADF (TOVAR-GOMEZ et al. 1997, KRUSE 2006, ZELLER et al. 2014) zwischen verschiedenen Sorten auf. Diese Ergebnisse zeigen, dass sowohl hinsichtlich der Nährstoffzusammensetzung als auch der ruminalen Abbaubarkeit der Restpflanze große Unterschiede zwischen Sorten bestehen und somit großes Potential bezüglich der züchterischen Verbesserung des Futterwerts der Restpflanze besteht.

Mit fortschreitender Reife gingen im aktuellen Projekt der XP- und ME-Gehalt sowie die effektive Abbaubarkeit der Restpflanze signifikant zurück. In früheren Versuchen nahm, neben dem XP-Gehalt, auch der Gehalt an leicht verdaulichen Kohlenhydraten (Stickstoff-freie Extraktstoffe, NFC) in der Restpflanze ab, während der Gehalt an Faserkohlenhydraten (XF, NDF, ADF) anstieg (GRUBER et al. 1983, PEX et al. 1996, GRUBER und HEIN 2006, KRUSE 2006, ZELLER et al. 2014). Ein deutlicher Rückgang der ruminalen Nährstoffabbaubarkeit bzw. Verdaulichkeit der Restpflanze wurde auch in den Versuchen von GRUBER et al. (1983), THOMET et al. (1986), FLACHOWSKY et al. (1993), JOHNSON et al. (1999), BAL et al. (2000), AKBAR et al. (2002) sowie GRUBER und HEIN (2006) festgestellt, wodurch die eigenen Ergebnisse bestätigt werden. Aus Sicht des Futterwerts der Restpflanze ist also ein möglichst früher Erntetermin anzustreben, da er mit fortschreitender Reife deutlich abnimmt.

Mit Ausnahme des XP-Gehalts hatte die Sorte im aktuellen Versuch keinen signifikanten Einfluss auf die Nährstoffzusammensetzung und effektive Abbaubarkeit des Kolbens. In früheren Untersuchungen traten hinsichtlich der Nährstoffzusammensetzung von Maiskörnern (ETTLE et al. 2001) bzw. Maiskolben (GRUBER und HEIN 2006) ebenfalls kaum signifikante Unterschiede zwischen verschiedenen Sorten auf, während KRUSE (2006) vor allem bei geringen TM-Gehalten im Kolben deutliche Sortenunterschiede hinsichtlich des Gehalts an Gerüstsubstanzen beobachtete. Im Gegensatz

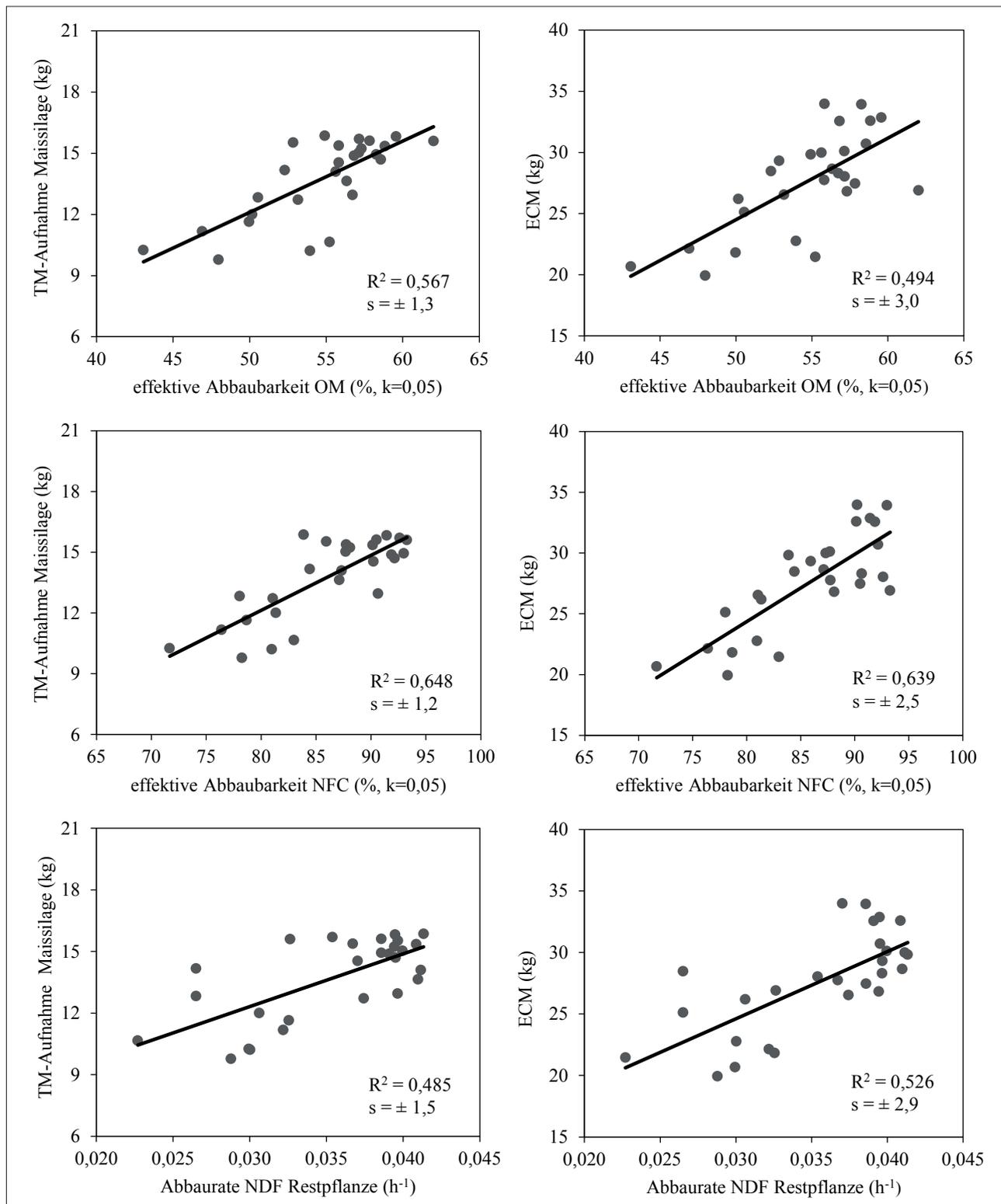


Abbildung 1: Korrelationen zwischen effektiver OM-Abbaubarkeit der Gesamtpflanze, effektiver NFC-Abbaubarkeit der Gesamtpflanze sowie Abbaurrate der NDF der Restpflanze und TM-Aufnahme aus Maissilage (links) bzw. ECM (rechts) der Milchkühe

zum eigenen Versuch wurde in früheren Untersuchungen die ruminale Abbaubarkeit von Maiskörnern (JOHNSON et al. 1999, ETTLE et al. 2001) bzw. Maiskolben (AKBAR et al. 2002) signifikant von der Sorte beeinflusst. In der Arbeit von ZELLER et al. (2014) traten dagegen keine wesentlichen Sortenunterschiede hinsichtlich der ruminalen

Nährstoffabbaubarkeit auf. Darüber hinaus wurde auch die OM-Verdaulichkeit in der Arbeit von GRUBER und HEIN (2006) nicht von der Sorte beeinflusst. Was den Futterwert des Kolbens betrifft, sind die Unterschiede zwischen den Sorten eher gering, weshalb bei der Sortenwahl vor allem der Futterwert der Restpflanze beachtet werden sollte.

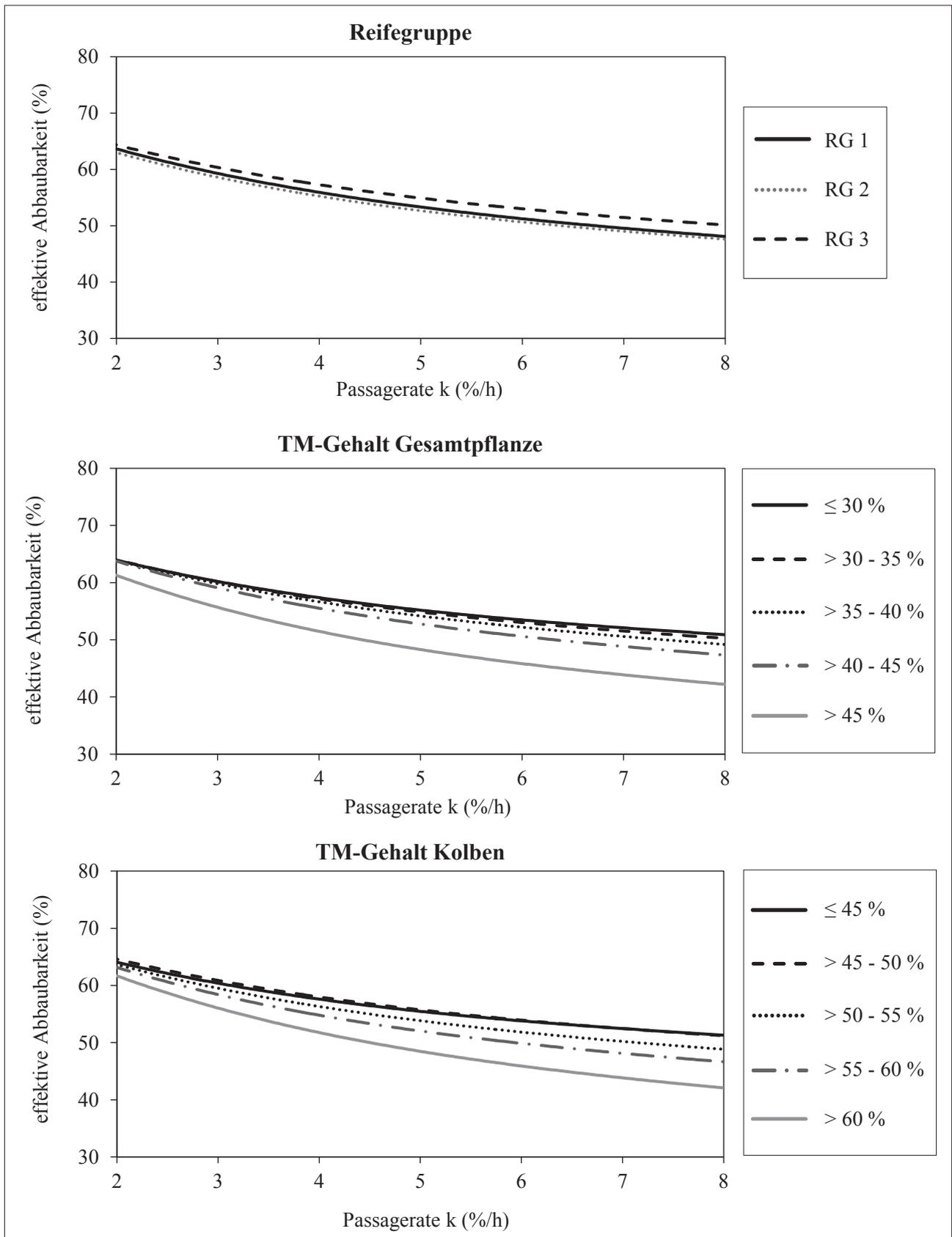


Abbildung 2: Effektive OM-Abbaubarkeit der Gesamtpflanze bei verschiedenen Passageraten in Abhängigkeit von der Reifegruppe sowie vom Ernte-TM-Gehalt von Gesamtpflanze bzw. Kolben

In der vorliegenden Untersuchung stiegen der NFC- und ME-Gehalt des Kolbens vor allem zwischen erstem und zweitem Erntezeitpunkt deutlich an, während der Gehalt an Gerüstsubstanzen zurückging. GRUBER et al. (1983), PEX et al. (1996), ETTLE und SCHWARZ (2003) sowie KRUSE (2006) kamen in ihrem Versuch zu ähnlichen Ergebnissen. Die effektive Abbaubarkeit des Kolbens ging im aktuellen Projekt mit fortschreitender Reife signifikant zurück, was durch die Ergebnisse von ETTLE et al. (2001) bestätigt wird. In der Arbeit von FLACHOWSKY et al. (1993) stieg dagegen die ruminale Abbaubarkeit des Kolbens bei einer Sorte im Laufe der Abreife an, während sie bei einer anderen Sorte konstant blieb. GRUBER und HEIN (2006) stellten darüber hinaus einen Rückgang der OM-Verdaulichkeit des Kolbens mit fortschreitender Reife fest. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass auch der Futterwert des Kolbens bei später Ernte zurückgeht, da der Gehalt an NFC gegen Ende des Reifeprozesses nicht mehr steigt, gleichzeitig aber die ruminale Abbaubarkeit und Verdaulichkeit deutlich sinken.

Die Sorte hatte im aktuellen Projekt einen signifikanten Einfluss auf den Gehalt an OM, XP und ADF sowie auf die effektive Abbaubarkeit (Ausnahme: XP) und Verdaulichkeit (Ausnahme: NDF) der Nährstoffe in der Gesamtpflanze. GRUBER und HEIN (2006) stellten ebenfalls einen Einfluss der Sorte auf den ADF-Gehalt von Silomais fest. In weiteren Untersuchungen beeinflusste die Sorte den Stärke- und ADL-Gehalt (KUEHN et al. 1999), den NDF-Gehalt (JUNG et al. 1998) bzw. den Stärke-, NDF- und ADF-Gehalt (PEYRAT et al. 2014). Dagegen wurde in den Arbeiten von GRUBER et al. (2006) sowie FERRARETTO und SHAVER (2015) kein Unterschied zwischen verschiedenen Sorten hinsichtlich des Gehalts an Faserkohlenhydraten beobachtet. THOMET et al. (1986), JUNG et al. (1998), KUEHN et al. (1999), HÖNER et al. (2002), JOHNSON et al. (2003), GRUBER und HEIN (2006), GRUBER et al. (2006), PEYRAT et al. (2014) sowie FERRARETTO und SHAVER (2015) stellten, wie im aktuellen Projekt, deutliche Unterschiede in der ruminale Nährstoffabbaubarkeit bzw. OM-Verdaulichkeit zwischen verschiedenen Silomais-Sorten fest. Im Versuch von ETTLE et al. (2002) hatte die Sorte zwar einen Einfluss auf die Nährstoffverdaulichkeit, jedoch nicht auf die ruminale Nährstoffabbaubarkeit. Zum Einfluss der Sorte auf den Gehalt an verschiedenen Nährstoffen gibt es also bisweilen sehr unterschiedliche Ergebnisse. Die meisten Versuche zeigten jedoch, dass es zwischen Sorten deutliche Unterschiede in der ruminale Abbaubarkeit und Verdaulichkeit gibt, weshalb diese Parameter eine großen Einfluss auf den Futterwert von Silomais haben.

Im vorliegenden Versuch stiegen der Kolbenanteil und der NFC-Gehalt in der Gesamtpflanze mit fortschreitender Reife an, während der Gehalt an XP und Gerüstsubstanzen sowie die effektive Abbaubarkeit signifikant zurückgingen. Frühere Untersuchungen zeigten ähnliche Zusammenhänge was die Veränderung der Nährstoffzusammensetzung der Gesamtpflanze mit fortschreitender Reife betrifft (GRUBER et al. 1983, PEX et al. 1996, DI MARCO et al. 2002, ETTLE und SCHWARZ 2003, JENSEN et al. 2005, PEYRAT et al. 2014, KHAN et al. 2015). BAL et al. (2000), ANDRAE et al. (2001) und JOHNSON et al. (2003) kamen ebenfalls zum Ergebnis, dass die ruminale Nährstoffabbaubarkeit der Gesamtpflanze mit fortschreitendem Vegetationsstadium zurückgeht. ANDRAE et al.

(2001), JENSEN et al. (2005) und KHAN et al. (2015) stellten darüber hinaus auch eine abnehmende Nährstoffverdaulichkeit mit zunehmender Reife fest. In den Untersuchungen von GRUBER et al. (1983), THOMET et al. (1986), PEX et al. (1996), DI MARCO et al. (2002), ETTLE und SCHWARZ (2003) sowie GRUBER und HEIN (2006) blieb die OM-Verdaulichkeit dagegen während der Abreife weitgehend konstant. Während der Gehalt an NFC (v.a. Stärke) mit fortschreitender Reife steigt, gehen die Verdaulichkeit und vor allem die ruminale Abbaubarkeit zurück. Der optimale Erntezeitpunkt von Silomais ist also immer ein Kompromiss aus hohem Stärkegehalt und möglichst hoher Verdaulichkeit der Restpflanze.

In der aktuellen Untersuchung hatte die Sorte einen tendenziellen Einfluss auf die Maissilage-, Grundfutter-, Kraftfutter- und Gesamtfutteraufnahme pro Tag. Weiters wurden zwischen den Sorten deutliche Unterschiede in der ECM aus dem Grundfutter festgestellt, während die tatsächliche ECM bei allen Sorten ähnlich hoch war. In den Versuchen von KUEHN et al. (1999), ETTLE et al. (2002) und NENNICH et al. (2003) wurden bei Verfütterung verschiedener Silomais-Sorten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Futteraufnahme sowie tatsächlicher Milchleistung beobachtet. Dagegen traten bei FERRARETTO und SHAVER (2015) bei Verfütterung verschiedener Restpflanzen-Typen sowie in der Untersuchung von NENNICH et al. (2003) beim Vergleich von früh- und mittelfrührefenden Sorten deutliche Unterschiede bezüglich Futteraufnahme und Milchleistung auf. In einem weiteren Versuch wurde zwar die Milchleistung signifikant von der Sorte beeinflusst, jedoch nicht die Futteraufnahme (LIM et al. 2015). Diese Ergebnisse zeigen, dass zwischen verschiedenen Sorten durchaus Unterschiede in der Futteraufnahme und Milchleistung auftreten können, wobei vor allem die NDF-Abbaubarkeit und -Verdaulichkeit der Restpflanze eine wichtige Rolle spielt (FERRARETTO und SHAVER 2015).

Im vorliegenden Projekt traten zwischen der effektiven Nährstoffabbaubarkeit und der TM-Aufnahme bzw. ECM mittelstarke bis starke Korrelationen auf, welche darauf schließen lassen, dass Futteraufnahme und Milchleistung durch eine hohe Pansenabbaubarkeit der Nährstoffe positiv beeinflusst werden. FERNANDEZ et al. (2004) stellten ebenfalls einen Anstieg der Futteraufnahme mit zunehmender ruminale Abbaubarkeit der Maissilage fest. OBA und ALLEN (1999) sowie IVAN et al. (2005) kamen zum Schluss, dass vor allem eine hohe Abbaubarkeit bzw. Verdaulichkeit der NDF von Silomais einen positiven Einfluss auf Futteraufnahme und Milchleistung haben.

Aus den Ergebnissen der aktuellen Untersuchungen geht hervor, dass bei einem Ernte-TM-Gehalt von über 35 - 40 % in der Gesamtpflanze sowie über 50 - 55 % im Kolben ein deutlicher Rückgang der effektiven OM-Abbaubarkeit und somit des Futterwertes zu erwarten ist. Im Versuch von BAL et al. (1997) wurde bei einem TM-Gehalt von 35 % in der Gesamtpflanze die höchste Milchleistung erreicht, während bei späterer Ernte ein deutlicher Rückgang der OM-Verdaulichkeit und somit eine geringere Milchleistung festgestellt wurde. KHAN et al. (2015) kamen zum Schluss, dass der optimale Erntezeitpunkt bei 30 - 35 % TM-Gehalt in der Gesamtpflanze liegt, da bei höheren TM-Gehalten die Futteraufnahme und Milchleistung zurückging.

5. Schlussfolgerungen

Die Nährstoffzusammensetzung von Silomais wird vor allem vom Erntezeitpunkt und vom Jahr (von den Witterungsverhältnissen während der Vegetationsperiode) beeinflusst. Mit fortschreitender Reife nimmt der Gehalt an XP und Gerüstsubstanzen ab, während der Gehalt an Nicht-Faserkohlenhydraten zunimmt. Die Abbaubarkeit und Verdaulichkeit der Nährstoffe wird dagegen sowohl vom Erntezeitpunkt und vom Jahr als auch von der Sorte signifikant beeinflusst. Die effektive Nährstoffabbaubarkeit geht mit fortschreitender Reife deutlich zurück. Da Futteraufnahme und Milchleistung mit der effektiven OM-Abbaubarkeit der Maissilage positiv korreliert sind, sollten späte Erntetermine und Sorten mit geringer Abbaubarkeit bzw. Verdaulichkeit vermieden werden. Der optimale Erntezeitpunkt der aktuellen Silomais-Sorten liegt bei 35 (bis max. 40) % TM-Gehalt in der Gesamtpflanze bzw. (50 bis) 55 % TM-Gehalt im Kolben (entspricht Mitte der Teigreife). In diesem Reifestadium kann gleichzeitig ein hoher NFC-Gehalt im Kolben und eine hohe Abbaubarkeit bzw. Verdaulichkeit in der Restpflanze erreicht werden, wodurch eine hohe Futteraufnahme und Milchleistung ermöglicht werden.

6. Literatur

- AKBAR, M.A., P. LEBZIEN und G. FLACHOWSKY, 2002: Measurement of yield and in situ dry matter degradability of maize varieties harvested at two stages of maturity in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 100, 53-70.
- ANDRAE, J.G., C.W. HUNT, G.T. PRITCHARD, L.R. KENNINGTON, J.H. HARRISON, W. KEZAR und W. MAHANNA, 2001: Effect of hybrid, maturity, and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. *J. Anim. Sci.* 79, 2268-2275.
- BAL, M.A., J.G. COORS und R.D. SHAVER, 1997: Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *J. Dairy Sci.* 80, 2497-2503.
- BAL, M.A., R.D. SHAVER, K.J. SHINNERS, J.G. COORS, J.G. LAUER, R.J. STRAUB und R.G. KOEGEL, 2000: Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal in situ disappearance of whole-plant corn silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 86, 83-94.
- BALLARD, C.S., E.D. THOMAS, D.S. TSANG, P. MANDEBVU, C.J. SNIFFEN, M.I. ENDRES und M.P. CARTER, 2001: Effect of corn silage hybrid on dry matter yield, nutrient composition, in vitro digestion, intake by dairy heifers, and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 442-452.
- BARRIÈRE, Y., G. DIAS GONÇALVES, J.C. EMILE und B. LEFÈVRE, 2004: Higher intake of DK265 corn silage by dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 87, 1439-1445.
- Di MARCO, O.N., M.S. AELLO, M. NOMDEDEU und S. Van HOUTTE, 2002: Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and in vitro). *Anim. Feed Sci. Technol.* 99, 37-43.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen - Wiederkäuer. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.
- ETTLE, T. und F.J. SCHWARZ, 2003: Effect of maize variety harvested at different maturity stages on feeding value and performance of dairy cows. *Anim. Res.* 52, 337-349.
- ETTLE, T., P. LEBZIEN, G. FLACHOWSKY und F.J. SCHWARZ, 2001: Effect of harvest date and variety on ruminal degradability of ensiled maize grains in dairy cows. *Arch. Anim. Nutr.* 55, 69-84.
- ETTLE, T., F.J. SCHWARZ, P. LEBZIEN und G. FLACHOWSKY, 2002: Futterwert von Silagen aus unterschiedlichen Maishybriden und Einfluss auf Leistungskriterien von Milchkühen. *Landbauforschung* 52, 157-165.
- FERNANDEZ, I., C. MARTIN, M. CHAMPION und B. MICHALET-DOREAU, 2004: Effect of corn hybrid and chop length of whole-plant corn silage on digestion and intake by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 1298-1309.
- FERRARETTO, L.F. und R.D. SHAVER, 2015: Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 98, 2662-2675.
- FILYA, I., 2004: Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 116, 141-150.
- FLACHOWSKY, G., W. PEYKER, A. SCHNEIDER und K. HENKEL, 1993: Fibre analyses and in sacco degradability of plant fractions of two corn varieties harvested at various times. *Anim. Feed Sci. Technol.* 43, 41-50.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65, 229-234.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, No. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 135 S.
- GRUBER, L. und W. HEIN, 2006: Ertrag und Futterqualität von Silomais in Abhängigkeit von Vegetationsstadium, Sorte und Standort. 118. VDLUFA-Kongress, 19.-22.09.2006, Freiburg im Breisgau, 244-259.
- GRUBER, L., H. KOPAL, F. LETTNER und F. PARRER, 1983: Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Nährstoffgehalt und den Ertrag von Silomais. *Das wirtschaftseigene Futter* 29, 87-109.
- GRUBER, L., K. TAFERNER, L. HABERL, G. MAIERHOFER, J. GASTEINER und M. URDL, 2006: Einfluss von Vegetationsstadium, Sorte, Standort und Konservierung von Silomais auf den Gehalt an Rohprotein- und Kohlenhydrat-Fractionen sowie den ruminalen in situ-Abbau der Trockenmasse. 118. VDLUFA-Kongress, 19.-22.09.2006, Freiburg im Breisgau, 226-239.
- GRUBER, L., G. TERLER, A. SCHAUER und F. KASTENHUBER, 2014: Nährstoffgehalt und Pansenabbaubarkeit verschiedener Silomais-Sorten. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 09.-10.04.2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 97-126.
- HEIN, W. und L. GRUBER, 2003: Unterschiede österreichischer Silomais Sorten hinsichtlich Ertrag und Futterwert. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, 25.-27.11.2003, BAL Gumpenstein, Irdning, 1-8.
- HÖNER, K., P. LEBZIEN, T. ETTLE, F.J. SCHWARZ und G. FLACHOWSKY, 2002: Einfluss von Silagen aus unterschiedlichen Maishybriden auf die Umsetzungen im Verdauungstrakt von Kühen. *Landbauforschung* 52, 149-156.
- IVAN, S.K., R.J. GRANT, D. WEAKLEY und J. BECK, 2005: Comparison of a corn silage hybrid with high cell-wall content and digestibility with a hybrid of lower cell-wall content on performance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 88, 244-254.

- JENSEN, C., M.R. WEISBJERG, P. NØRGAARD und T. HVELP-LUND, 2005: Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118, 279-294.
- JOHNSON, L., J.H. HARRISON, C. HUNT, K. SHINNERS, C.G. DOGGETT und D. SAPIENZA, 1999: Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: A contemporary review. *J. Dairy Sci.* 82, 2813-2825.
- JOHNSON, L.M., J.H. HARRISON, D. DAVIDSON, C. HUNT, W.C. MAHANNA und K. SHINNERS, 2003: Corn silage management: Effects of hybrid, maturity, chop length, and mechanical processing on rate and extent of digestion. *J. Dairy Sci.* 86, 3271-3299.
- JUNG, H.G., D.R. MERTENS und D.R. BUXTON, 1998: Forage quality variation among maize inbreds: in vitro fiber digestion kinetics and prediction with NIRS. *Crop. Sci.* 38, 205-210.
- KHAN, N.A., P. YU, M. ALI, J.W. CONE und W.H. HENDRIKS, 2015: Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *J. Sci. Food Agric.* 95, 238-252.
- KRUSE, S., 2006: Charakterisierung und Modellierung des Abreifeverhaltens von Silomaisgenotypen mittels futterwertbestimmender Parameter. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 132 S.
- KUEHN, C.S., J.G. LINN, D.G. JOHNSON, H.G. JUNG und M.I. ENDRES, 1999: Effect of feeding silages from corn hybrids selected for leafiness or grain to lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 82, 2746-2755.
- LIM, J.M., K.E. NESTOR, JR. und L. KUNG, JR., 2015: The effect of hybrid type and dietary proportions of corn silage on the lactation performance of high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98, 1195-1203.
- MAINKA, C., 2009: Möglichkeiten der züchterischen Verbesserung der Silomaisqualität. In: SCHWARZ, F.J. und U. MEYER (Hrsg.): Optimierung des Futterwerts von Mais und Maisprodukten. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, 127-135.
- McDONALD, I., 1981: A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agr. Sci.* 96, 251-252.
- NENNICH, T.D., J.G. LINN, D.G. JOHNSON, M.I. ENDRES und H.G. JUNG, 2003: Comparison of feeding corn silages from leafy or conventional corn hybrids to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 2932-2939.
- OBA, M. und M.S. ALLEN, 1999: Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 135-142.
- ØRSKOV, E.R. und I. McDONALD, 1979: The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agr. Sci.* 92, 499-503.
- ØRSKOV, E.R., F.D. HOVELL und F. MOULD, 1980: The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5, 195-213.
- PEX, E.J., F.J. SCHWARZ und M. KIRCHGESSNER, 1996: Zum Einfluss des Erntezeitpunktes von Silomais auf Verdaulichkeit und Energiegehalt von Maissilage bei Rind und Schaf. *Das wirtschaftseigene Futter* 42, 83-96.
- PEYRAT, J., P. NOZIÈRE, A. Le MORVAN, A. FÉRARD, P.V. PROTIN und R. BAUMONT, 2014: Effects of ensiling maize and sample conditioning on in situ rumen degradation of dry matter, starch and fibre. *Anim. Feed Sci. Technol.* 196, 12-21.
- SÜDEKUM, K.H., 2005: Möglichkeiten und Grenzen einer Standardisierung der in situ-Methodik zur Schätzung des ruminalen Nährstoffabbaus. *Übers. Tierern.* 33, 71-86.
- TERLER, G., L. GRUBER, A. SCHAUER, M. URDL und B. STEINER, 2016: Prüfung des Futterwerts aktueller Silomaisorten. Abschlussbericht zum Projekt "Silomais9", HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 56 S.
- THOMAS, E.D., P. MANDEBVU, C.S. BALLARD, C.J. SNIFFEN, M.P. CARTER und J. BECK, 2001: Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient composition, in vitro digestibility, and milk yield by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2217-2226.
- THOMET, P., D. DUBOIS, T. RIHS und J. TROXLER, 1986: Prüfung der Verdaulichkeitsunterschiede von fünf ausgewählten Maissorten. *Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft* 34, 61-72.
- TOVAR-GOMEZ, M.R., J.C. EMILE, B. MICHALET-DOREAU und Y. BARRIERE, 1997: In situ degradation kinetics of maize hybrid stalks. *Anim. Feed Sci. Technol.* 68, 77-88.
- VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 2012: Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch) - Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 2190 S.
- VERBIČ, J., J. STEKAR und M. RESNIK-ČEPON, 1995: Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. *Anim. Feed Sci. Technol.* 54, 133-148.
- WEISSBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. *Übers. Tierern.* 23, 189-214.
- ZELLER, F., D. DOBBERSTEIN, M. BUNZEL und F.J. SCHWARZ, 2009: Kohlenhydratzusammensetzung von Maisrestpflanzen und deren Futterwert. In: SCHWARZ, F.J. und U. MEYER (Hrsg.): Optimierung des Futterwerts von Mais und Maisprodukten. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, 5-18.
- ZELLER, F.M.E., B.L. EDMUNDS und F.J. SCHWARZ, 2014: Effect of genotype on chemical composition, ruminal degradability and in vitro fermentation characteristics of maize residual plants. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 98, 982-990.