



(Foto: agrarfoto)

Ertrag und Futterwert von Silomais

Einfluss von Vegetationsstadium, Sorte und Standort

Leonhard Gruber und Waltraud Hein, Irdning

Für den Futterwert von Silomais in der Bullenmast und Milchviehfütterung entscheidend sind vor allem der Anteil des hochverdaulichen Kolbens und die Qualität der Restpflanze. Diese beiden Faktoren stehen in negativer Beziehung zueinander und heben sich während der Vegetation größtenteils auf. In verdauungsphysiologischer Hinsicht ergeben allerdings früh und spät geernteter Silomais trotz ähnlicher Verdaulichkeiten eine sehr unterschiedliche Produktion an flüchtigen Fettsäuren im Pansen und damit Wirkung im Stoffwechsel.

An drei Standorten wurde in 2006 ein Feldversuch (Kasten) in vierfacher Wiederholung angelegt, die pflanzenbaulichen Maßnahmen entsprachen jenen der Sortenversuche. Bei der Ernte wurde der Silomais in Kolben und Restpflanze getrennt, der Ertrag beider Pflanzenteile an Frischmasse gewogen und die Trockenmasse bestimmt (24 h bei 105 °C). Die Weender Analyse und die Untersuchung der Gerüstsubstanzen (Van Soest et al. 1991) wurden nach den Methoden des VDLUFA (1976) durchgeführt. Die Verdaulichkeit von Kolben und Restpflanze wurde nach den Formeln von Groß & Peschke (1980a und 1980b) errechnet. Die Daten für die Gesamtpflanze wurden additiv entsprechend dem Anteil an Trockenmasse für alle Inhaltsstoffe ermittelt. Die in situ-Untersuchungen wurden nach den Vorgaben von Orskov et al. (1980) durchgeführt und dem Modell von Orskov & McDonald (1979) ausgewertet.

Erträge und Kolbenanteil

Die Vegetationsdauer betrug in den drei Vegetationsstadien 122, 132 bzw. 142 Tage.

Die Versuchsfaktoren Vegetationsdauer und Standort wirkten sich signifikant auf den Trockenmasse-Ertrag aus, auch der Einfluss der Sorte zeigte deutliche Unterschiede. Mit steigendem Vegetationsstadium erhöhte sich der Ertrag von 19.820 auf 21.449 bzw. 23.134 kg Trockenmasse. Der für den Maisanbau günstige Standort Lambach übertraf die beiden anderen Standorte Kobenz und Gumpenstein um etwa 3.000 kg Trockenmasse (23.245, 20.410, 20.748 kg Trockenmasse). Hinsichtlich der Sorten stiegen die Erträge mit höherer Reifezahl an (20.800, 21.410, 22.194 kg Trockenmasse). Weiters wirkten sich alle Versuchsfaktoren signifikant auf die morphologische Zusammensetzung aus, d. h. auf

den Anteil von Kolben und Restpflanze (Abb. 1). Hinsichtlich des Ertrages an Trockenmasse und Energie bestanden zwischen Sorte und den anderen Versuchsfaktoren keine signifikanten Wechselwirkungen. Allerdings traten Wechselwirkungen zwischen Vegetationsstadium und Standort bzw. Jahr auf, d. h. der Faktor Vegetationsstadium ist nicht unabhängig von der Wirkung des Standortes bzw. Jahres.

Nährstoffgehalte von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze

Wichtige Parameter des Futterwertes sind in Tabelle 1 getrennt nach Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze angegeben.

Restpflanze: Alle drei Versuchsfaktoren beeinflussten den Gehalt an Trockenmasse hochsignifikant ($P < 0,001$). Der Rohproteingehalt betrug im Mittel 51 g/kg Trockenmasse und verminderte sich im Laufe der Vegetation. Erwartungsgemäß stieg der Gehalt an Rohfaser im Laufe der Vegetation an, ebenso die Gerüstsubstanzen. Dadurch verminderten sich Verdaulichkeit

Vegetationsstadium:	Ende Milchreife (I), Mitte Teigreife (II), Ende Teigreife (III)
Sorte:	Fuxxol (RZ 240), Romario (RZ 270), Atalante (RZ 290)
Standort:	Lambach (Oberösterreich), Kobenz (Steiermark), Gumpenstein (Steiermark)
	Die Standorte sind hinsichtlich Seehöhe und Klima sehr unterschiedlich und repräsentieren verschiedene Anbauggebiete. Dadurch war ein starker Einfluss auf Wachstumsverlauf, Ertrag und Kolbenbildung des Silomaises zu erwarten und auch beabsichtigt.
– Lambach:	366 m Seehöhe, 8,2 °C Jahrestemperatur, 957 mm Niederschlag
– Kobenz:	630 m Seehöhe, 6,8 °C Jahrestemperatur, 850 mm Niederschlag
– Gumpenstein:	700 m Seehöhe, 6,8 °C Jahrestemperatur, 1010 mm Niederschlag
Konservierung:	Grünmais, Maissilage

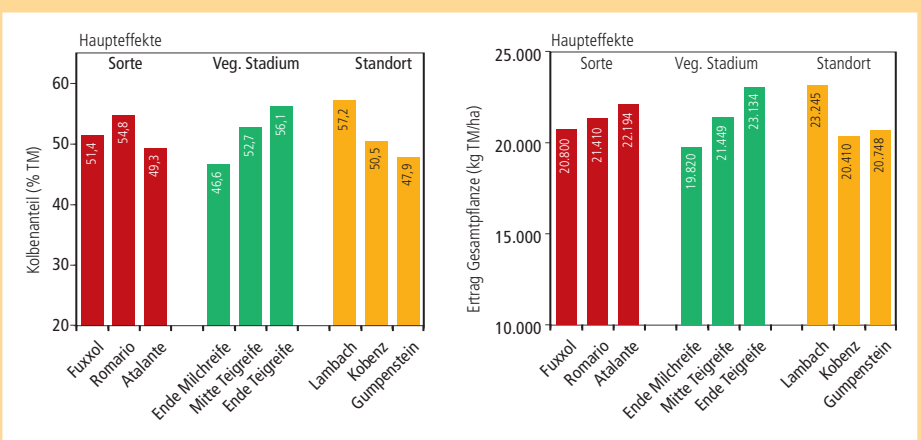
und Energiekonzentration. Auch der Versuchsfaktor Sorte wirkte sich bei vielen Nähr- und Mineralstoffen signifikant aus, nicht jedoch auf Verdaulichkeit und Energiekonzentration. Der Einfluss der Sorte dürfte allerdings vom Faktor Vegetationsstadium überlagert sein, da frühreifere Sorten einen höheren Gehalt an Rohfaser bzw. Gerüstsubstanzen aufwiesen (Fuxxol > Romario > Atalante). Ebenso spiegelt der Versuchsfaktor Standort aufgrund unterschiedlicher Wachstumsbedingungen zum Teil eine unterschiedliche Vegetationsdauer wider. Der Rohfasergehalt ist in den Maisgunstlagen (Lambach) höher und die Verdaulichkeit niedriger, weil die Pflanzen wegen der besseren Wachstumsbedingungen physiologisch älter waren.

Kolben: Der Gehalt an Trockenmasse wurde durch Vegetationsstadium und Standort hochsignifikant ($P < 0,001$) beeinflusst. Der Trockenmassegehalt betrug im Mittel 50 Prozent und stieg im Lauf der Vegetation stark an.

Der Proteingehalt des Kolbens (durchschnittlich 90 g/kg Trockenmasse) ist wesentlich höher als in der Restpflanze und wurde vom Standort, nicht jedoch von Sorte und Vegetationsstadium beeinflusst. Der Gehalt an Rohfett (im Mittel 42 g/kg Trockenmasse) trägt nicht unwesentlich zum Energiegehalt des Maiskolbens bei und erhöht sich im Laufe der Vegetation. Der Rohfettgehalt ist auch höher auf Standorten mit längerer Vegetationsdauer. Der Gehalt an Rohfaser bzw. Gerüstsubstanzen wurde durch das Vegetationsstadium signifikant beeinflusst, nicht jedoch von Sorte und Standort. Mit fortschreitender Vegetation nahm der Gehalt an NDF ab, was auf zunehmende Stärkeeinlagerung schließen lässt, wie auch die Kohlenhydrat-Fractionen des Cornell-Systems zeigen (Tabelle). Die Verdaulichkeit und Energiekonzentration gingen von Stadium I auf II leicht zurück, zwischen Vegetationsstadium II und III bestand kein signifikanter Unterschied.

Gesamtpflanze: Der Gehalt an Trockenmasse wird von allen drei Versuchsfaktoren hochsignifikant beeinflusst ($P < 0,001$). Er erhöhte sich mit Fortschreiten der Vegetation bis auf 37,7 Prozent, war höher auf Standorten mit langer Vegetationsdauer und geringer bei Sorten mit hoher Reifezahl. Die physiologische Ursache ist, dass sich mit der Vegetation sowohl der Anteil des trockenmassereichen Kolbens erhöht als auch der Trockenmassegehalt der Restpflanze ansteigt. Letztlich lassen sich alle

Abb. 1: Kolbenanteil und Trockenmasse-Ertrag in Abhängigkeit von den Versuchsfaktoren (Gruber und Hein 2006)



Versuchsfaktoren auf die Frage reduzieren, welcher Vegetationszeitraum den einzelnen Versuchsvarianten für ihre Entwicklung zur Verfügung stand. Das gilt für den Gehalt an wertbestimmenden Nährstoffen (besonders Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate) und auch für die Verdaulichkeit, wobei dem Anteil des Kolbens die entscheidende Rolle zukommt.

Auf den Gehalt an Rohprotein wirkte sich der Standort hochsignifikant aus, nicht jedoch Sorte und Vegetationsstadium. Als

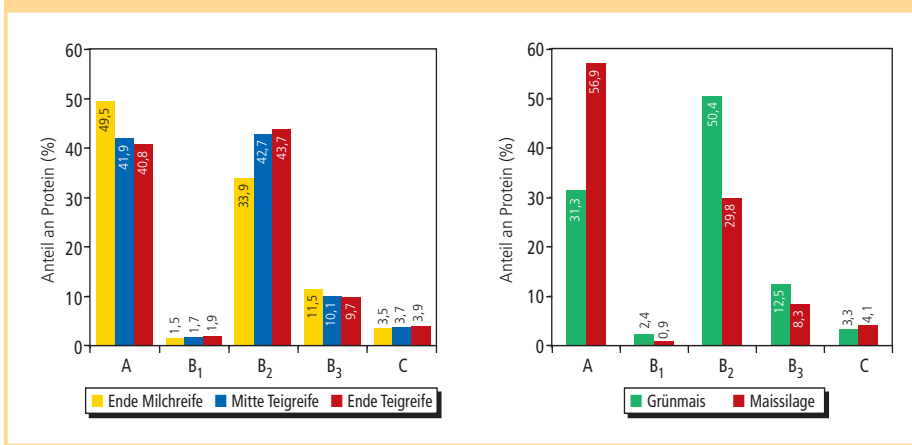
Ursachen für die Differenzen im Rohprotein-Gehalt sind vor allem das Verhältnis Restpflanze/Kolben, das physiologische Alter der Restpflanze sowie Standortunterschiede (Boden und Klima) anzusehen. Auch auf den Gehalt an Rohfett übten alle Versuchsfaktoren einen signifikanten Einfluss aus, wofür der unterschiedliche Anteil des fettreichen Kolbens als Ursache anzusehen ist. Der Faktor Standort beeinflusste den Gehalt an Gerüstsubstanzen erwartungsgemäß in dem Sinn, dass der Gehalt

Nährstoffgehalt von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze in Abhängigkeit von den Versuchsfaktoren (Gruber und Hein 2006)

	Sorte			Vegetationsstadium			Standort		
	Fuxxol	Romario	Atalante	I	II	III	Lambach	Kobenz	Gumpen.
Restpflanze									
Trockenmasse	270 ^c	247 ^b	233 ^a	232 ^a	250 ^b	268 ^c	276 ^c	246 ^b	228 ^a
Rohprotein	51	49	51	52 ^b	52 ^b	47 ^a	45 ^a	59 ^b	48 ^a
Rohfaser	350 ^b	348 ^b	329 ^a	327 ^a	340 ^a	360 ^b	349 ^b	331 ^a	346 ^b
NDF	666	662	648	638 ^a	656 ^b	682 ^c	668	651	657
Verdaulichkeit	58,8	58,8	59,1	61,1 ^c	58,6 ^b	57,1 ^a	57,0 ^a	59,4 ^b	60,4 ^c
ME	8,11	8,12	8,17	8,46 ^c	8,08 ^b	7,85 ^a	7,88 ^a	8,14 ^b	8,37 ^c
NEL	4,64	4,64	4,68	4,88 ^c	4,62 ^b	4,46 ^a	4,48 ^a	4,67 ^b	4,81 ^c
Kolben									
Trockenmasse	503	505	496	435 ^a	513 ^b	555 ^c	556 ^c	489 ^b	459 ^a
Rohprotein	92	88	91	90	89	91	91 ^a	94 ^b	86 ^a
Rohfaser	75	80	77	84 ^b	79 ^b	69 ^a	73	79	80
NDF	236	245	236	256 ^b	238 ^{ab}	223 ^a	231	247	239
Verdaulichkeit	81,0	81,0	81,1	81,7 ^c	80,9 ^b	80,5 ^a	80,5 ^a	81,2 ^b	81,4 ^c
ME	12,43	12,47	12,46	12,50 ^b	12,42 ^a	12,44 ^a	12,49	12,43	12,44
NEL	7,72	7,74	7,74	7,77 ^b	7,71 ^a	7,72 ^a	7,75	7,72	7,74
Gesamtpflanze									
Trockenmasse	354 ^b	342 ^b	318 ^a	297 ^a	340 ^b	377 ^c	389 ^c	324 ^b	300 ^a
Rohprotein	72	71	71	70	72	72	72 ^b	76 ^c	66 ^a
Rohfaser	207 ^b	200 ^a	202 ^{ab}	210 ^c	202 ^b	196 ^a	191 ^a	201 ^b	217 ^c
NDF	443	430	441	455 ^b	435 ^a	424 ^a	418 ^a	443 ^b	453 ^b
Verdaulichkeit	70,7 ^a	71,3 ^b	70,4 ^a	71,1	70,7	70,6	70,8	70,8	70,8
ME	10,35 ^a	10,52 ^b	10,31 ^a	10,37	10,38	10,43	10,53 ^b	10,32 ^a	10,33 ^a
NEL	6,24 ^a	6,35 ^b	6,21 ^a	6,25	6,26	6,30	6,36 ^b	6,22 ^a	6,22 ^a

Trockenmasse (g/kg FM); Rohprotein, Rohfaser, NDF (g/kg TM), Verdaulichkeit (%); ME, NEL (MJ/kg TM)

Abb. 2: Protein-Fractionen des Cornell-Systems der Gesamtpflanze in Abhängigkeit von Vegetationsstadium und Konservierung (Gruber et al. 2006)



an NDF und Rohfaser signifikant umso niedriger war, je länger die Vegetationsperiode bzw. je günstiger die klimatischen Wachstumsbedingungen für Silomais an einem Standort waren. Die physiologische Ursache dafür liegt in den höheren Kolbenanteilen, die durch diese Wachstumsbedingungen begünstigt werden.

Verdaulichkeit und Energiekonzentration wurden besonders durch den Versuchsfaktor Sorte beeinflusst. Dafür ist vor allem der höhere Kolbenanteil der Sorte Romario verantwortlich. Das Vegetationsstadium übte dagegen keinen signifikanten Einfluss auf Verdaulichkeit und Energiekonzentration aus. Damit bestätigt auch diese Untersuchung, dass sich die beiden negativ korrelierten Faktoren „Qualität der Restpflanze“ und „Kolbenanteil“ hinsichtlich Energiekonzentration der Gesamtpflanze großteils aufheben (Gruber et al. 1983). In verdauungsphysiologischer Hinsicht ergeben allerdings früh und spät geernteter Silomais trotz ähnlicher Verdaulichkeiten eine sehr unterschiedliche Produktion an flüchtigen Fettsäuren im Pansen und damit Wirkung im Stoffwechsel (Jochmann et al. 1999, Beever & Mould 2000).

Protein- und Kohlenhydrat-Fractionen

Bezüglich der Proteinfractionen des Cornell-Systems wirkte sich der Versuchsfaktor Konservierung am deutlichsten aus, außerdem auch das Vegetationsstadium. Die Silierung führte zu einem signifikanten Anstieg der Fraktion A (NPN), was auf einen starken Proteinabbau im Zuge des Gärprozesses hinweist (Abb. 2). Im Gegen-

zug verminderten sich die Fraktionen B1 und besonders B2 sowie auch B3. Mit steigendem Vegetationsstadium verminderte sich die Fraktion A und erhöhte sich dementsprechend die Fraktion B2. Die Verschiebung der Anteile der einzelnen Proteinfractionen während der Vegetation ist vor allem mit dem Anstieg des Kolbenanteils zu erklären. Das Protein des Maiskornes ist wesentlich langsamer abbaubar als das Protein von Maisrestpflanzen. Die Fraktionen A und B2 stellen bei Weitem den größten Anteil am Proteingehalt des Silomaises.

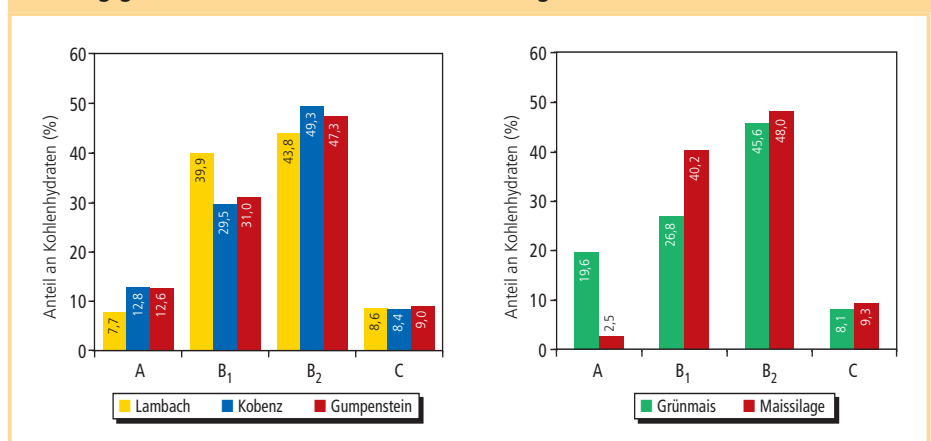
Hinsichtlich der Kohlenhydrat-Fractionen wirkten sich sowohl Konservierung als auch Standort signifikant aus (Abb. 3). Im Zuge des Gärverlaufes werden leicht lösliche Kohlenhydrate fermentiert und der Gehalt an Gerüstsubstanzen steigt dadurch an. Die Faser-Kohlenhydrate machen in Grünmais 53,6 und in Maissilage 57,3 Prozent, die Nichtfaser-Kohlenhydrate 46,4 bzw. 42,7 Prozent aus. Noch viel deutlicher zeichnet sich der Gärprozess im Gehalt der

Fraktionen A (19,6 bzw. 2,5 Prozent Zucker) und B1 ab (26,8 bzw. 40,2 Prozent Stärke und Pektin in Grünmais bzw. Maissilage). Sorte und Vegetationsstadium zeigten in keiner der Kohlenhydrat-Fractionen einen signifikanten Einfluss. Der Faktor Standort beeinflusste den Gehalt an Gerüstsubstanzen erwartungsgemäß in dem Sinn, dass der Gehalt an NDF signifikant umso niedriger war, je länger die Vegetationsperiode bzw. je günstiger die klimatischen Wachstumsbedingungen für Silomais an einem Standort waren. Die physiologische Ursache dafür liegt in den höheren Kolbenanteilen, die durch diese Wachstumsbedingungen begünstigt werden. Auch hinsichtlich der Protein- und Kohlenhydrat-Fractionen des Cornell-Systems traten bis auf ganz wenige Ausnahmen in keinem der Nährstoffparameter Wechselwirkungen auf, d. h. der Einfluss des Vegetationsstadiums wirkte unabhängig vom Einfluss der Faktoren Konservierung bzw. Sorte.

Abbau der Trockenmasse im Pansen

Die Ergebnisse des ruminalen in situ-Abbaues der Trockenmasse sind in Abb. 4 angeführt. Auf die Parameter des in situ-Abbaues (a, b, c) nach Orskov & McDonald (1979) wirkten sich Konservierung, Vegetationsstadium und Sorte hochsignifikant aus ($P < 0,01$), nicht dagegen der Faktor Standort. Durch die Silierung erhöhte sich die rasch lösliche Fraktion a gegenüber Grünmais von 34 auf 37 Prozent und die Fraktion b (nicht löslich, potenziell fermentierbar) verminderte sich im Gegenzug von 47 auf 44 Prozent. Dies bedeutet, dass die potenzielle Abbaubarkeit [a + b] in beiden

Abb. 3: Kohlenhydrat-Fractionen des Cornell-Systems der Gesamtpflanze in Abhängigkeit von Standort und Konservierung (Gruber et al. 2006)



Konservierungsformen identisch ist (81 Prozent).

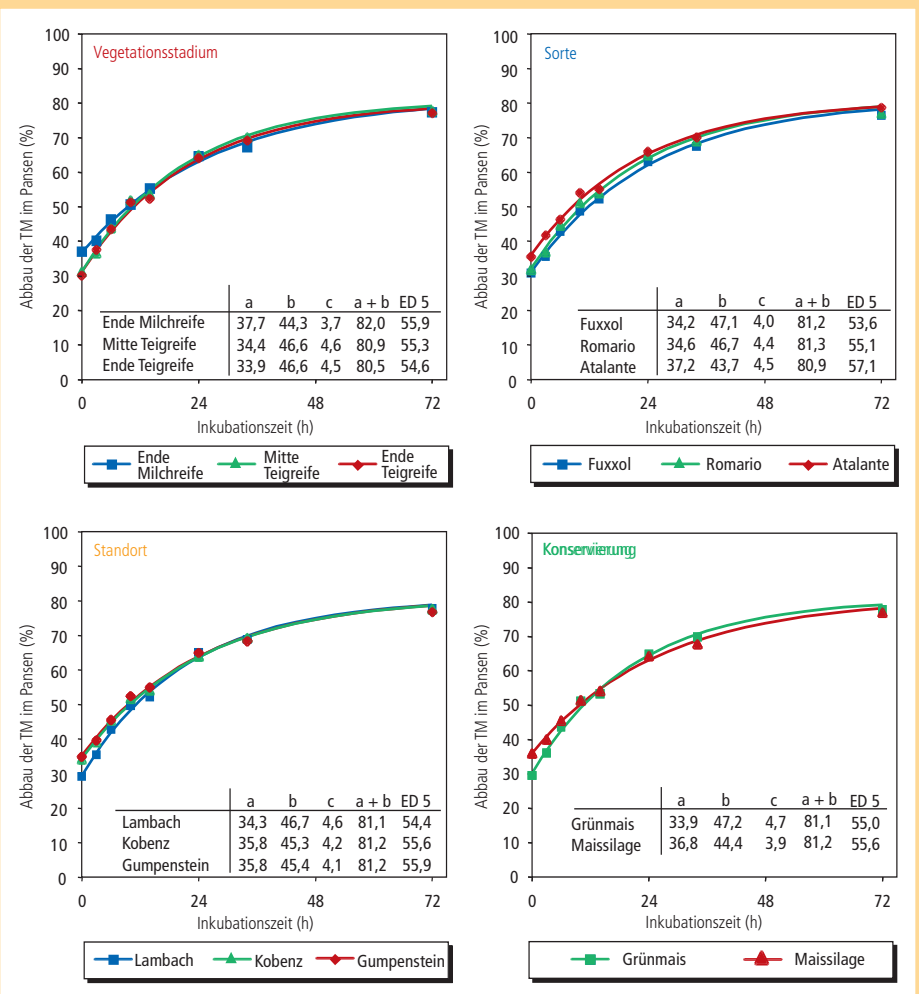
Die Abbaurrate (c) vermindert sich durch die Silierung von 4,7 auf 3,9 Prozent pro Stunde. Mit steigendem Vegetationsstadium geht die Fraktion a von 38 auf 34 Prozent zurück und die Fraktion b erhöht sich von 44 auf 47 Prozent. Die Abbaurrate in der Milchreife ist mit 3,7 gegenüber 4,6 Prozent in der Teigreife signifikant niedriger. Auch dies ist über den Kolbenanteil erklärbar, der Abbau von Stärke (= Kolben) erfolgt wesentlich rascher als der Abbau von Zellulose (= Restpflanze). In Gegensatz zum Gehalt an Gerüstsubstanzen und den Fraktionen des Cornell-Systems zeigten die in situ-Untersuchungen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten.

Je spätreifer die Sorte, desto höher war der lösliche Anteil (a) der Trockenmasse (34, 35 bzw. 37 Prozent) und desto niedriger war der potenziell fermentierbare Anteil (b) der Trockenmasse (47, 47 bzw. 44 Prozent), mit dem Ergebnis, dass keine Unterschiede in der potenziellen Abbaubarkeit auftraten. Die Ergebnisse hinsichtlich der Sortenunterschiede sind in gleicher Weise wie die des Vegetationsstadiums zu interpretieren. Varianten mit höherem Kolbenanteil (frühreife Sorten) weisen eine niedrigere Fraktion a (rasch löslich) und eine höhere Fraktion b (potenziell fermentierbar) auf. Allerdings zeigen die spätreiferen Sorten auch eine höhere Abbaurrate. Ein Grund dafür könnten überreife Restpflanzen der frühreifen Sorte Fuxxol sein. Wie beim Nährstoffgehalt, traten auch bei den Ergebnissen der ruminalen Abbaubarkeit zwischen Vegetationsstadium und Konservierung bzw. Sorte keine Wechselwirkungen auf.

Fazit

■ Silomais ist aufgrund seines enormen Ertragspotenziales, der hohen Energiekonzentration und der einfachen Konservierbarkeit eine bedeutende Rationskomponente für Wiederkäuer. Für den Futterwert sind vor allem der Anteil des hochverdaulichen Kolbens und die Qualität der Restpflanze entscheidend. Diese beiden Faktoren stehen in negativer Beziehung zueinander und werden durch das Vegetationsstadium gesteuert, wobei auch der Ertrag an Trockenmasse beeinflusst wird. Das Vegetationsstadium wirkte stärker auf Ertrag und Futterwert als die Sorte. Doch die

Abb. 4: in situ-Abbau der Trockenmasse von Gesamtpflanzen im Pansen in Abhängigkeit von Vegetationsstadium, Sorte, Standort und Konservierung (Gruber et al. 2006)



Sorten unterschieden sich im Kolbenanteil und beeinflussten dadurch die Energiekonzentration der Gesamtpflanze. Zwischen den Versuchsfaktoren bestanden vielfältige Wechselwirkungen, da für Silomais hinsichtlich Ertrag und Futterwert der zur Verfügung stehende Vegetationszeitraum entscheidet.

■ Die in der Untersuchung angewandten Methoden (Cornell-System, in situ-Abbaubarkeit) erlauben eine über die Weender Analyse hinausgehende Charakterisierung des Futterwertes von Silomais. Besonders die Veränderungen durch den Gärprozess bei der Silierung (Bildung von Gärsäuren durch Fermentation von Zucker, teilweise Auflösung der Proteinmatrix) spiegeln sich in den Kohlenhydrat- und Protein-Fraktionen des Cornell-Systems wider. Auch die durch die Versuchsanstellung (Vegetationsstadium, Sorte, Standort) bedingten Veränderungen des Kolbenanteils

und der Verdaulichkeit der Maisrestpflanzen werden durch die Analyse der Gerüstsubstanzen und besonders durch die in situ-Abbaubarkeit wesentlich besser abgebildet als durch die herkömmliche Analyse der Rohrnährstoffe.

■ In verdauungsphysiologischer Hinsicht ergeben allerdings früh und spät geernteter Silomais trotz ähnlicher Verdaulichkeiten eine sehr unterschiedliche Produktion an flüchtigen Fettsäuren im Pansen und damit Wirkung im Stoffwechsel.

Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber und DI Waltraud Hein, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft (HBLFA), Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning, Tel. 0043 (0)3682 22451-260 bzw. -430, E-Mail: leonhard.gruber@raumberg-gumpenstein.at, waltraud.hein@raumberg-gumpenstein.at

Das Literaturverzeichnis und ausführlicheres Datenmaterial können bei den Autoren angefordert werden.