



# Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais

Ueli HERTER, Armin ARNOLD, Franz SCHUBIGER und Mathias MENZI, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), CH-8046 Zürich

**Landwirte und Maiszüchter möchten die Futterqualität von Maissorten genau kennen. Unsere Ergebnisse zeigen, dass neben dem Körneranteil auch die Verdaulichkeit von Stengeln und Blättern qualitätsbestimmend ist. Wichtigstes Qualitätsmerkmal ist die Verdaulichkeit der ganzen Pflanze. Diese wird stärker durch den Lignozellulose-, Zellwand- und Rohfasergehalt beeinflusst als durch den Körneranteil oder Stärkegehalt.**

Die Qualität der Maissilage kann entscheidend mit der Sortenwahl beeinflusst werden. Allerdings bestehen widersprüchliche Meinungen zu diesem Thema. Stimmt die früher vertretene und wieder öfters gehörte Aussage, dass nur eine körnerreiche Sorte gute Maissilage liefern kann? Welche Bedeutung haben die Inhaltsstoffe und welches ist eigentlich das wichtigste Merkmal der Futterqualität von Silomais? Diese Fragen beschäftigen nicht nur die Landwirte, sondern auch die Züchter neuer Maissorten und besonders uns als offizielle Sortenprüfstelle.

## Bedeutung von Energiegehalt und Verdaulichkeit

Allgemein gilt, dass Energie- und Proteingehalt die wichtigsten Qualitätsmerkmale von Futterpflanzen für Mast- und Milchvieh sind. Die Futterqualität von Silomais wird vorwiegend durch den hohen Energiegehalt bestimmt, da der Proteingehalt recht konstant und bei allen Sorten tief ist. Ein Vergleich hierzu: Maissilage enthält im Durchschnitt etwa 6,5 MJ NEL/kg TS (Megajoule Nettoenergie Laktation pro kg Trockensubstanz) und etwa 80 g RP/kg TS (Rohprotein), eine ausgewogene Klee-Gras-Silage bei früher Ernte etwa 6,6 MJ NEL und 190 g RP/kg TS (RAP 1994). Bei späterer Ernte sinkt der Energie- und RP-Gehalt der Klee-Gras-Silage deutlich ab. Der konstante hohe Energie- und tiefe Proteingehalt der Maissilage ist erwünscht, um den Proteinüberschuss im jungen Klee-Gras auszugleichen.

Die Bestimmung des Nettoenergiegehaltes ist allerdings recht schwierig. Aufwendige Fütterungsversuche sind nötig, denn die direkte Bestimmung im Labor ist nicht möglich. Deshalb machen wir uns die

recht enge Beziehung zwischen Energiegehalt und Verdaulichkeit der Maispflanze zunutze (RAP 1994). Sie ermöglicht es, aus der im Labor bestimmten Verdaulichkeit den Energiegehalt zu berechnen. Dadurch wird die Verdaulichkeit zum wichtigsten im Labor analysierbaren Qualitätsmerkmal.

Lohnt sich der Aufwand der Analysen? Einerseits zeigten verschiedene Autoren (Deinum und Bakker 1981; Herter *et al.* 1991), dass die Verdaulichkeit ein stark durch die Sorte geprägtes Merkmal ist und erhebliche Sortenunterschiede bestehen. Andererseits ist auch die grosse wirtschaftliche Bedeutung der Silomais-Verdaulichkeit nachgewiesen. Die Forschungsanstalten Tänikon, Reckenholz, Posieux und Changins haben in einer Modellrechnung die Bedeutung von Verdaulichkeit und Ertrag verglichen (Schnyder 1993; Menzi *et al.* 1994). Ein Prozent höhere Verdaulichkeit (entspricht 10 g VOS/kg TS, d.h. 10 g verdauliche organische Substanz pro kg Trockensubstanz) hatte im Mittel dieselbe Wirkung auf das Betriebsergebnis wie eine Ertragssteigerung von 800 kg TS pro Hektare (entspricht 5 % des

Ertrags). Die vorkommenden Sortenunterschiede von über 40 g VOS entsprechen somit über 20 % des Ertrags. In Deutschland wurden in einer Dissertation ähnliche Ergebnisse gefunden (Mistele *et al.* 1994; Utz *et al.* 1994).

Wegen der deutlichen Sortenunterschiede ist der Energiegehalt nicht nur in der Rationengestaltung für die Fütterung, sondern auch als Züchtungsmerkmal wichtig. Seit Beginn der offiziellen Silomais-Sortenprüfung (1988) wurde in Reckenholz die Verdaulichkeit von über 25'000 Maisproben untersucht. Die Resultate werden jährlich in einer Liste mit allen wichtigen Sortenmerkmalen publiziert (Menzi *et al.* 1996), um dem Landwirt bei der Sortenwahl zu helfen.

Nach Holland und der Schweiz berücksichtigen auch Belgien und wohl bald auch Deutschland die Verdaulichkeit als Selektionskriterium in der offiziellen Mais-Sortenprüfung. Verschiedene Maiszüchter entwickeln gezielt besser verdauliche Sorten.

## Nicht nur der Körneranteil bestimmt die Qualität

Grosses Interesse besteht weiterhin bei der Frage, wie wichtig der Körneranteil (Prozentanteil Körner an der Ganzpflanze auf TS-Basis) bei der Silomais-Qualität ist. In letzter Zeit ist die früher übliche Meinung, dass der Körneranteil für die

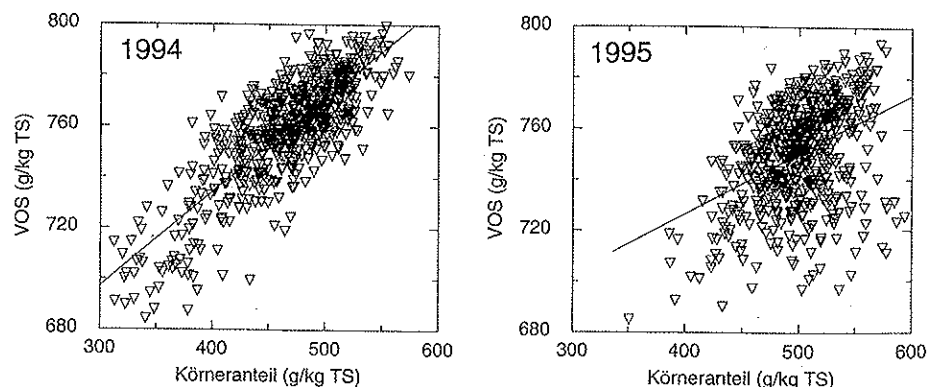


Abb. 1. Beziehung zwischen verdaulicher organischer Substanz (VOS) und Körneranteil in der Ganzpflanze, mit NIRS bestimmt (1994 und 1995 je 600 Proben).

Qualität entscheidend sei, wieder vermehrt vertreten worden.

Der Körneranteil ist ein Merkmal, das sich bisher nur mit grossem Arbeitsaufwand durch separate Ernte von Kolben und Stengeln bestimmen liess. In den Jahren 1994 und 1995 untersuchten wir erstmals mit NIRS (Nahinfrarot-Reflexionsspektroskopie) je 600 Proben aus den Hauptversuchen der Sortenprüfung auf den Körneranteil. Die Methode liess sich mit künstlich gemischten Proben sehr genau eichen ( $r^2 = 0,99$ ; Standardmessfehler = 1,11 %) und erlaubt eine enorme Arbeitseinsparung.

Die Resultate zeigen, dass der Körneranteil die Verdaulichkeit nur ungenau beschreiben kann (Abb. 1). Das Bestimmtheitsmass ( $r^2$ ) betrug 1994 zwar 0,7, 1995 aber nur 0,17. Es scheint, dass der Körneranteil die Silomaisqualität je nach Jahr unterschiedlich stark beeinflusst. Auch in Versuchen, in denen der Körneranteil durch separate Kolbenernte bestimmt wurde, konnte keine enge Beziehung zwischen Körneranteil und Verdaulichkeit der ganzen Pflanze festgestellt werden ( $r^2 = 0,1$  bis 0,7).

Dieses Resultat überrascht nicht. Zwar sind die Körner zu 92 bis 95 % verdaulich (Hepting 1988). In unseren Versuchen variierte die Verdaulichkeit der Restpflanze (Blätter und Stengel) von Sorte zu Sorte um bis zu 80 g (Mittel von 4 Parzellen pro Sorte, 1993). Die Werte von Einzelparzellen lagen zwischen 540 und 670 g VOS/kg TS in der Restpflanze. Somit kann die Verdaulichkeit der Restpflanze jene der ganzen Pflanze und den Energiegehalt wesentlich mitbestimmen.

Dies wurde auch von verschiedenen Autoren (Deinum und Bakker 1981; Dinkelaker 1990) berichtet. Deutlich wird die Bedeutung der Restpflanze auch, wenn wir uns die Zusammensetzung der Maispflanze anschauen. Diese bestand in unseren Versuchen von 1993 bis 1995 bei später Teigreife (31 bis 34 % TS) aus 42 bis 55 % Körnern, 35 bis 47 % Stengeln und Blättern sowie 9 bis 12 % Spindeln. Die Anteile wurden durch Sorte, Anbauort und Erntereife deutlich beeinflusst.

Reifere Körner bestehen zur Hauptsache aus Stärke, weshalb Körner- und Stärkegehalt recht eng korreliert sind. Der Korrelationskoeffizient ( $r$ ) betrug 1994 und 1995 je 0,9 bei 600 Proben jährlich. Die Bedeutung der Stärke im Silomais wurde durch Weissbach (1993) diskutiert. Er schloss aus Versuchen, dass Stärke eine bessere Energieumsetzung als andere

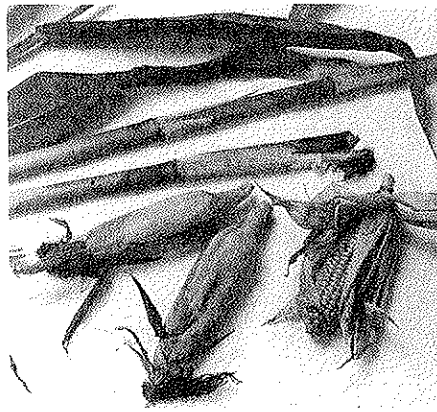


Abb. 2. Nicht nur Körner, sondern auch Stengel, Blätter und Spindeln tragen zum Energiegehalt der Silage bei. (Fotos: G. Brändle, FAL).

Komponenten der verdaulichen Substanz aufweist. Deshalb verlangt er, dass Stärke als Merkmal neben VOS zur Qualitätsbeschreibung von Silomais verwendet werde. Auch wenn der Stärkegehalt in Zukunft mehr Beachtung erhalten sollte, wird die Verdaulichkeit der Ganzpflanze doch das wichtigste Merkmal zur Beschreibung der Silomais-Futterqualität bleiben, weil darin sowohl Körneranteil wie auch Restpflanze-Verdaulichkeit enthalten sind.

Möglicherweise beeinflussen neben dem Energiegehalt auch andere Sortenmerkmale die Tierleistung, zum Beispiel über die tägliche Futteraufnahme. Untersuchungen dieses Faktors sind aufwendig und wurden von Züchtern nur an einzelnen Sorten vorgenommen (nicht veröffentlicht).

## Die Suche nach rationalen Analysemethoden

Die Verdaulichkeit wird im Fütterungsversuch durch Vergleich von Futter- und Kotmenge bestimmt. Deutlich einfacher laufen Analysen mit der von Tilley und Terry (1963) entwickelten Pansensaftmethode oder mit verschiedenen enzymatischen Analysen, mit denen der Verdauungsvorgang im Labor simuliert wird (Abb. 3). Aber auch da ist eine halbe bis eine Stunde Arbeit pro Probe nötig (2- bis 3-fache Analyse). Erst dank der Nahinfrarot-Reflexionsspektroskopie (NIRS), einer Schnellmethode, lässt sich die Verdaulichkeit bei grossen Probenreihen analysieren (Herter *et al.* 1991; Degenhardt 1996). Die gemahlene Probe wird dabei in Messbehälter gefüllt und mit Licht bestrahlt. Das reflektierte Strahlenspektrum wird gemessen und daraus der VOS-Gehalt berechnet.

Allerdings benötigt man zur Eichung des NIR-Spektrometers Proben, die mit herkömmlichen Analysemethoden analysiert wurden. Bis 1993 eichten wir VOS mit der Pansensaftmethode (Tilley und Terry 1963), seit 1994 mit der enzymatischen Methode nach De Boever *et al.* (1986). Diese Referenzmethoden wiederum wurden mit Proben aus Fütterungsversuchen der Forschungsanstalt Posieux geeicht. Die enzymatische Methode ergab genauer wiederholbare Resultate als die Pansensaftmethode und eine gute Übereinstimmung mit Resultaten von Fütterungsversuchen ( $r^2=0,7$  bis 0,93).

Sind Silomaisproben einmal mit NIRS gemessen, so können diese Messungen nicht nur zur Berechnung von VOS, sondern auch von anderen Inhaltsstoffen verwendet werden (Schubiger 1989). Für jeden Inhaltsstoff ist allerdings eine Eichung nötig, wozu mindestens 100 Proben mit einer Referenzmethode untersucht werden müssen. Jede Eichung sollte über mehrere Ernten geprüft und erweitert werden, damit sie stabiler wird. Gegenüber den Referenzmethoden verlangt die NIRS-Methode pro Inhaltsstoff zirka 5 bis 20 mal weniger Arbeitsaufwand (Eicharbeit nicht inbegriffen).

Wir untersuchten die in Tabelle 1 aufgeführten Inhaltsstoffe. Der Zellwandanteil (neutral detergent fibre, NDF) besteht aus Hemizellulose, Zellulose und Lignin, die Lignozellulose (acid detergent fibre, ADF) aus Zellulose und Lignin. Die grossen Variationsbreiten sind durch die Unterschiede zwischen Sorten, Orten und Jahren bedingt. Die Übereinstimmung zwischen den NIR-Analysen und den Referenzmethoden ist am Bestimmtheitsmass ( $r^2$ ) und dem Standardschätzfehler

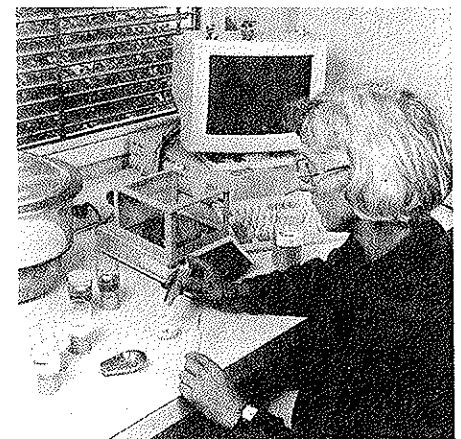


Abb. 3. Zur *in-vitro* Verdaulichkeitsschätzung werden Maisproben in Filtertiegeln mit einer Enzymflüssigkeit verdaut, und der unverdaute Rest wird anschliessend durch Filterung getrennt.

**Tab. 1. Untersuchte Inhaltsstoffe von frisch geerntetem Silomais (ohne Silierverluste)\***

Inhaltsstoff	Abkürzung	Einheit	Mittel**	n***	Bereich****	Bestimmungsmethode
Verdauliche organ. Substanz	VOS	g/kg TS	745	350	680 - 790	enzymatische Methode (De Boever 1986) oder NIRS*****
Verdaulichkeit der org. Sub.	vOS	%	77	350	71 - 82	enzymatische Methode (De Boever 1986) oder NIRS
Nettoenergie Laktation	NEL	MJ	6,9	350	6,1 - 7,4	berechnet aus VOS
Nettoenergie Wachstum	NEV	MJ	7,2	350	6,2 - 7,9	berechnet aus VOS
Rohprotein	RP	g/kg TS	74	700	62 - 88	Kjeldahl oder NIRS
Absorbierbares Protein Darm	APD	g/kg TS	73	700	68 - 77	berechnet aus VOS und RP
Rohasche	RA	g/kg TS	36	1500	26 - 48	Veraschung nach Weender Analyse
Trockensubstanz bei Ernte	TS	%	32	1500	27 - 38	Trocknung bei 105° C
Stärke	Stärke	g/kg TS	327	360	250 - 430	enzymat. Methode (Boehringer 1977) oder NIRS
Körneranteil	Körner	%	48	170	35 - 55	separate Kolbenernte oder NIRS
Rohfaser	RF	g/kg TS	196	700	145 - 250	Kochen in Säure und Lauge nach Weender Analyse oder NIRS
Zellwandanteil	NDF	g/kg TS	388	230	330 - 480	Kochen in neutr. Detergentienlösung (Van Soest 1991) oder NIRS
Lignozellulose	ADF	g/kg TS	213	130	170 - 260	Kochen in saurer Detergentienlösung (Van Soest 1991) oder NIRS
Lignin	Lignin	g/kg TS	23	130	15 - 34	Kochen in saurer Detergentienlösung (Van Soest 1991) oder NIRS

\* Die Silierverluste werden auf etwa 30 g VOS, 0,3 MJ NEL und 0,3 MJ NEV geschätzt.

\*\* Mittelwert der mit Referenzmethoden (ohne NIRS) untersuchten Proben.

\*\*\* Anzahl der mit Referenzmethoden (ohne NIRS) untersuchten Proben.

\*\*\*\* Variationsbereich: 95% der Proben liegen in diesem Bereich.

\*\*\*\*\* Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie.

**Tab. 2. Übereinstimmung zwischen NIRS-Messung und nasschemischen Referenzmethoden (Eichungs-Validation)**

Inhaltsstoff	Bestimmtheitsmass (r <sup>2</sup> )	Standard-schätzfehler	Probenzahl (Eichung)
VOS*	0,89	10,4	280
VOS**	0,81	17,0	330
RP	0,86	2,8	460
Stärke	0,88	15,6	300
RF	0,82	9,6	450
NDF	0,85	15,3	180
ADF	0,95	5,2	100
Lignin	0,43	4,3	100
Körneranteil***	0,99	1,1	120

\* VOS bestimmt mit enzymatischer Methode.

\*\* VOS bestimmt mit Pansensalmethode.

\*\*\* Körneranteil geeicht mit handgemischten Proben.

ersichtlich (Tab. 2). Sogar chemisch komplexe Komponenten wie VOS und Rohfaser lassen sich mit NIRS recht genau bestimmen.

## Beziehung zwischen den Inhaltsstoffen

Um die unterschiedlichen VOS-Gehalte der Maissorten erklären zu können, untersuchten wir die Beziehungen zwischen VOS und den anderen nasschemisch (mit Referenzmethoden) untersuchten Inhaltsstoffen (Tab. 3 und Abb. 4). Ausser Rohprotein sind alle Komponenten signifikant mit VOS korreliert. VOS ist deutlich enger mit dem Zellwandanteil ( $r = -0,79$ ) und der Lignozellulose ( $r = -0,94$ ) korreliert als mit dem Stärkegehalt ( $r = 0,62$ ) oder dem Körneranteil. Dies weist darauf hin, dass Nicht-Korn-Komponenten bedeutend zur

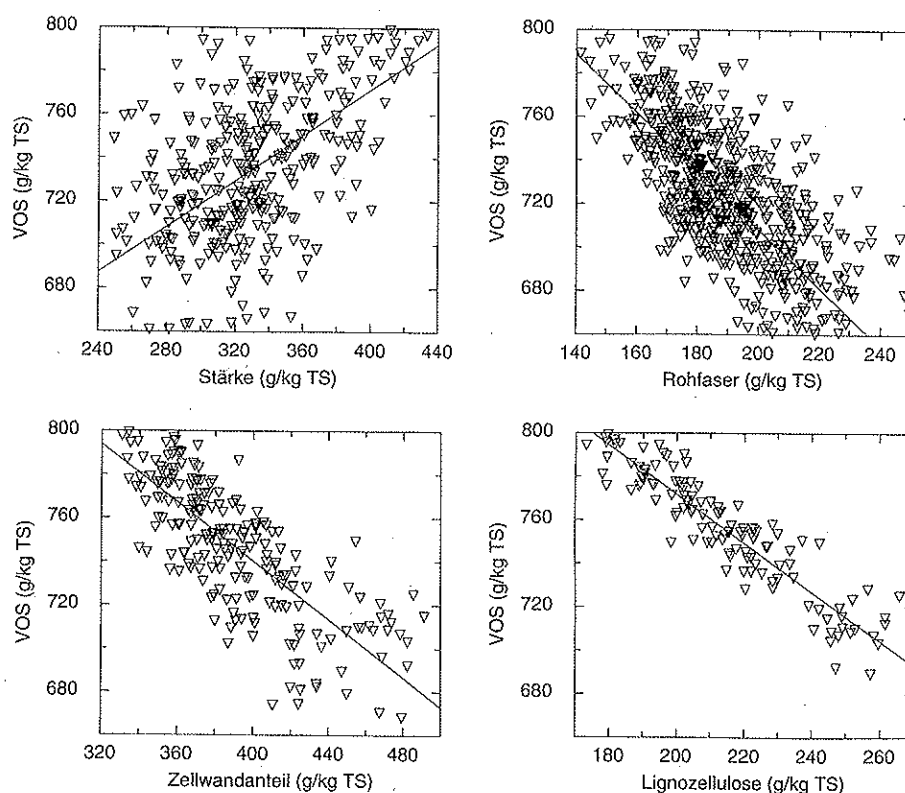
Verdaulichkeit beitragen, und dass die unverdaulichen Komponenten vorwiegend von Zellulose und Lignin stammen. Allerdings ist die Beziehung mit Lignozellulose weniger breit abgestützt als die anderen, denn erst 130 Proben wurden nasschemisch auf diese Komponente untersucht.

Die Beziehung zwischen VOS und dem Ligningehalt ist unscharf ( $r = -0,37$ ), da Lignin nur in geringen Mengen vorkommt (15 bis 34 g/kg TS) und dessen Struktur für die Verdaulichkeit wichtiger

ist als der Gehalt. Dies ist wohl der Grund dafür, dass der VOS-Gehalt sich auch mit einer multiplen Regression mit mehreren Inhaltsstoffen nicht deutlich besser schätzen liess als mit den einzelnen Komponenten.

## Das Wichtigste in Kürze

Reife, Verdaulichkeit und Ertragsfähigkeit sind für den Produzenten die wichtigsten Sortenmerkmale. Beim Sortenvergleich kann folgende Regel helfen: 10 g



**Abb. 4. Beziehung zwischen verdaulicher organischer Substanz (VOS) und Stärke-, Rohfaser-, Zellwand- und Lignozellulosegehalt in der Ganzpflanze, nasschemisch bestimmt.**

**Tab. 3. Beziehung zwischen den nasschemisch untersuchten Inhaltsstoffen**

	Korrelationskoeffizienten (r)					
	RP	Stärke	RF	NDF	ADF	Lignin
VOS	0,03	0,62	-0,80	-0,79	-0,94	-0,37
RP		0,15	0,09	(-0,27)	(-0,33)	-0,03
Stärke			-0,65	(-0,49)	(-0,44)	-0,20
RF				( 0,80)	( 0,92)	
NDF					0,94	0,30
ADF						0,42

	Anzahl Proben zur Berechnung von r					
	RP	Stärke	RF	NDF	ADF	Lignin
VOS	800	350	660	230	130	130
RP		320	660	(570)	(570)	100
Stärke			270	(570)	(570)	50
RF				(570)	(570)	
NDF					(570)	100
ADF						100

Die Datenbasis besteht aus Analysewerten von nasschemischen Referenzmethoden ausser bei Werten in Klammern (mit NIRS bestimmt).

VOS wurde beim Vergleich mit RP, Stärke und RF mit der Pansensaftmethode bestimmt, beim Vergleich mit NDF, ADF und Lignin mit der enzymatischen Methode.

Die Proben für NDF, ADF und Lignin stammten von einem Jahr, für die übrigen Komponenten von 3 bis 4 Jahren.

VOS/kg TS entsprechen einem TS-Ertrag von 800 kg/ha.

Die Verdaulichkeit der ganzen Pflanze ist entscheidend für den Energiegehalt und wichtigstes Futterqualitätsmerkmal des Silomais. Möglicherweise treten Sortenunterschiede bei der Schmackhaftigkeit und der täglichen Futteraufnahme auf. Diese könnten sich auf die Tierleistung auswirken, sind aber schwer untersuchbar.

Körneranteil und Stärkegehalt sind nicht eng mit der Verdaulichkeit der ganzen Pflanze korreliert.

Der Stärkegehalt kann bei der Qualitätsbeschreibung nur als Zusatzinformation neben VOS dienen.

Mit der Schnellmethode der Nahinfrarot-Reflexionsspektroskopie (NIRS) können Verdaulichkeit, Körneranteil, Stärke, Rohprotein, Rohfaser und die Zellwandfraktionen ADF und NDF genügend genau bestimmt werden.

NIRS verlangt bei grossen Probenserien 5 bis 20 mal weniger Arbeitsaufwand als nasschemische Analysen.

Die Zellwandfraktion Lignozellulose (ADF) war von allen Komponenten am engsten mit VOS korreliert.

#### LITERATUR

Boehringer, 1977. Methoden der enzymatischen Lebensmittelanalytik. Boehringer, Mannheim.

Deinum B. and Bakker J.J., 1981. Genetic differences in digestibility of forage maize hybrids. *Neth. J. agric. Sci.* 29, 93-98.

De Boever J.L., Cottyn B.G., Buysse F.X., Wainman F.W. and Vanacker J.M., 1986. The use of an en-

zymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. *Anim. Feed Sci. a. Techn.* 14, 203-214.

Degenhardt H., 1996. NIRS-Untersuchungen zur Erfassung futterwertrelevanter Qualitätsparameter von Silomaisorten in einem Gerätenetzwerk. Wissenschaftl. Mitt. der Bundesforschungsanstalt Braunschweig-Völkenrode, Sonderheft 163.

Dinkelaker J., 1990. Untersuchungen über züchterisch relevante Kriterien der Bewertung von Mais zur Silagenutzung. Dissertation. Universität Hohenheim.

Hepting L., 1988. Verdaulichkeit der Maispflanze. *Mais* 88 (4), 23-30.

Herter U., Menzi M. und Schubiger F.X., 1991. Eignung unserer Maissorten für Silomais. *Landwirtschaft Schweiz* 4 (11), 577-582.

Menzi M., Herter U., Collaud J.-F., Bassetti P., 1994. Schweizerische Liste der Maissorten 1994. *Agrarforschung* 1 (3), I-VIII.

Menzi M., Bläuer A., Collaud J.-F. und Bassetti P., 1996. Nationaler Mais-Sorten-katalog 1996. *Agrarforschung* 3 (3), I-VIII.

Mistele M., Zeddies J., Utz H.F. and Melchinger A.E., 1994. Economic aspects of breeding for yield and quality traits in forage maize. *Plant Breeding* 112, 102-109.

RAP, 1994. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. Eidg. Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Posieux (Hrsg.).

Schnyder S., 1993. Wirtschaftliche Bewertung der Leistungseigenschaften von Silomais. Interner Bericht der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon.

Schubiger F.X., 1989. Sortenprüfung von Silomais. *Landwirtschaft Schweiz* 2 (12), 733-736.

Tilley J.M.A. and Terry R.A., 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18, 104-111.

Utz H.F., Melchinger A.E., Seitz G., Mistele M. and Zeddies J., 1994. Economic aspects of breeding for yield and quality traits in forage maize II. *Plant Breeding* 112, 110-119.

Van Soest P.J., Robertson J.B. and Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74 (10), 3583-3597.

Weissbach F., 1993. Bewerten wir die Qualität des Silomais richtig? *Mais* 21 (4), 162-165.

#### SUMMARY

### Digestibility, the most important quality trait of forage maize

Farmers and maize breeders want to know the forage quality of maize varieties. Our results show that both percent grain and digestibility of stalks and leaves significantly influence the quality. The most important quality trait is the digestibility of the whole plant.

Digestibility was more closely correlated with crude fiber and with the cell wall fractions «neutral detergent fibre» and «acid detergent fibre» than with percent grain or starch. With the fast near infrared reflectance spectroscopy method (NIRS), we could determine digestibility, cell wall fractions, crude fiber, protein, starch and percent grain with adequate accuracy.

**KEY WORDS:** maize, digestibility, energy, forage quality, variety, cell wall, crude fiber, protein, starch, grain, NIRS

#### RÉSUMÉ

### La digestibilité, facteur de qualité le plus important pour le maïs d'ensilage

Les sélectionneurs et les producteurs de maïs souhaitent connaître exactement la qualité fourragère des variétés de maïs d'ensilage. Nos résultats démontrent qu'en plus de la proportion de grain, la digestibilité des tiges et celle des feuilles est aussi déterminante pour une bonne qualité du produit. Le critère principal de qualité est la digestibilité de la plante entière.

La corrélation qui existe entre les teneurs en lignocellulose, en parois cellulaires ainsi qu'en cellulose brute et la digestibilité est meilleure que la corrélation entre cette dernière et la proportion de grain ou la teneur en amidon. Avec la méthode rapide de la spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR), nous avons pu déterminer la digestibilité et les teneurs en parois cellulaires, en cellulose brute, en protéines, en amidon ainsi que la proportion de grain d'une manière suffisamment précise.