

Schätzung des Nährwerts von Maissilage

Yves Arrigo und Peter Stoll, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras, 1725 Posieux
Auskünfte: Yves Arrigo, E-Mail: yves.arrigo@alp.admin.ch, Tel. +41 264 07 72 64



Abb. 1 | Die beiden untersuchten Sorten in der frühen Teigreife, links LG32.52 (2 Reihen sichtbar) und rechts Amadeo (4 Reihen).

Einleitung

In der Schweiz beträgt die Maisanbaufläche 46800 ha (BFS 2011). Dies entspricht 5,9 % der Futteranbaufläche, wozu auch Wechsel- und Dauerweiden (ohne Alpflächen) gehören.

Obwohl Mais weit verbreitet ist und in den Wiederkäuerrationen reichlich Verwendung findet, ist der Nährwert der Mais-Ganzpflanze schwierig vorherzusagen. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) ist ein essenzieller Faktor für die Nährwertschätzung. Bei Mais ist die Schätzung schwierig, da die vOS der Ganzpflanze der Summe der vOS der Stängel, Blätter und Kol-

ben entspricht, deren Anteile in der Pflanze in Abhängigkeit des Pflanzenalters stark veränderlich sind. Die hohe vOS des Kolbens, dessen Stärkeanteil an der Gesamtpflanze zunimmt, kompensiert teilweise die vOS der restlichen Pflanze, die mit der Lignifizierung der Stängel und dem Welken der Blätter abnimmt.

Um kostspielige und zeitaufwändige Versuche zu vermeiden, kann die vOS mittels verschiedener chemischer, enzymatischer oder mikrobiologischer Verfahren (Schubiger *et al.* 2001) oder anhand von Gleichungen geschätzt werden. Mit Schätzgleichungen, die auf der chemischen Zusammensetzung basieren, lassen sich je nachdem wie genau die Zusammensetzung des Proben-

materials mit den Werten des Modells übereinstimmt, mehr oder weniger zuverlässige Ergebnisse erzielen. Eine exakte Bestimmung kann nur durch *in vivo* Versuche erfolgen, welche jedoch einen in der Praxis nicht bezahlbaren Preis haben. Somit beschränkt man sich für eine Anwendung in der Praxis auf die Erarbeitung und Verifizierung von Modellen. Seitdem die Forschungsanstalt Agroscope 1976 in Posieux ihre Arbeit aufgenommen hat, sind etwa 30 Verdaulichkeitsversuche mit Mais durchgeführt worden; dies entspricht 124 Behandlungen und 546 Einzelwerten.

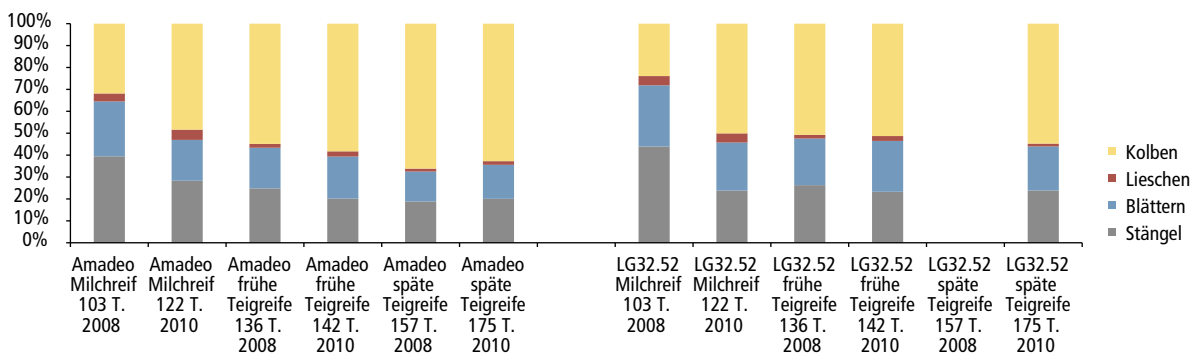
Das aktuell im Grünen Buch (GB2011) vorgeschlagene Modell für die Schätzung der vOS von Mais-Ganzpflanzen (GPS) ist aus einer Synthese von mehr als 254 in Frankreich (INRA) durchgeführten Versuchen hervorgegangen. Nicht immer stimmen Modell und Realität überein. Deshalb wurde im Rahmen einer Gesamtauswertung die an ALP vorliegenden, mit Schafen (vOS) und fistulierten Kühen (aRP) erhobenen Versuchsdaten, den mittels Schätzgleichungen (GB2011) errechneten Nährwerten gegenübergestellt.

Material, Tiere und Methoden

2008 und 2010 wurden in Posieux in 640 m Höhe zwei Maissorten angebaut (Tab 1, Abb. 1): Amadeo, Typ «Stärke» und LG32.52 Typ «Verdaulichkeit». Die Pflanzen wurden in drei verschiedenen Wachstumsstadien geerntet, und zwar in der Milchreife mit $23 \pm 1,3\%$ Trockensubstanz (TS), in der frühen Teigreife mit $30 \pm 1,5\%$ TS und in der späten Teigreife mit $41 \pm 2,0\%$ TS. Der Mais wurde auf dem Feld wie in der Schweiz für Silage üblich auf eine Länge von 5mm gehäckselt. Die Silagen wurden ohne Silierzusatz in Polyestersilos mit 700 Liter Fassungsvermögen hergestellt, die mit einer Plastikfolie abgedeckt und mit Sand beschwert wurden.

Zusammenfassung

Um die Vorhersage des Nährwertes von Maissilagen zu verifizieren beziehungsweise zu verbessern, wurden bereits vorher durchgeführte Versuche durch die Untersuchung von zwölf Maissilagen vervollständigt. Während zweier Jahre wurden zwei Maissorten (Amadeo und LG32,52) in den Stadien Milchreife, frühe und späte Teigreife geerntet und siliert. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) wurde *in vivo* mit Schafen, die Abbaubarkeit des Rohproteins (aRP) in sacco mit Fistelkühen bestimmt. Die Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Silagen waren stärker jahres- als sortenabhängig. Mit zunehmender Reife der Pflanzen stieg die vOS. Die Verdaulichkeit unterschied sich im Stadium der Milchreife ($p < 0,01$) von den Verdaulichkeiten in den beiden Teigreifestadien (69,1 % vs. 74,9 % und 76,8 %), ohne dass jedoch sortenabhängige Unterschiede auftraten. Im Gegensatz zur vOS nahm die aRP mit zunehmender Reife ab ($p < 0,01$) und betrug im Stadium der späten Teigreife 66,5 % (76,5 % in der Milchreife und 77,8 % in der frühen Teigreife). Die aRP beider Sorten war vergleichbar ($p = 0,4$). Die errechneten Unterschiede zwischen den anhand der im Tierversuch ermittelten Koeffizienten oder mittels Gleichungen geschätzten Nährwerten variierten von +2 % bis -14,6 % für die NEL-Werte und von +9 % bis -16,6 % für die APDE-Werte. Diese Differenzen hängen weder von der Sorte noch vom Reifestadium ab. Um die Reststreuung zu reduzieren, wurde eine neue Gleichung für die verdauliche organische Substanz (VOS) und eine Korrektur für die bisherige Schätzgleichung der VOS vorgeschlagen. Die Vorhersagewerte bleiben trotzdem Näherungswerte, die mit Bedacht zu verwenden sind.



Sorte, Stadium, Alter in Tagen nach der Aussaat, Kulturjahr

Die Ernte von LG32.52 im Stadium der späten Teigreife wurde im Jahr 2008 durch versuchsunabhängige Faktoren vernichtet.

Abb. 2 | Anatomische Zusammensetzung der Maispflanzen je nach Alter (Tage nach der Aussaat) .

Tab. 1 | Anbaukalender

Jahr	Aussaat	Erntedatum (Anzahl Tage seit der Aussaat)		
		Milchreife	Frühe Teigreife	Späte Teigreife
2010	26.04	26.08 (122t)	15.09 (142t)	18.10 (175t)
2008	7.05	20.08 (103t)	23.09 (136t)	14.10 (157t)

Die Bestimmung der Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) und des Rohproteins (vRP) erfolgte *in vivo* mit kastrierten Oxford-Hammeln (n: 4 Tiere pro Behandlung; $4,9 \pm 2,7$ Jahre ; $73,5 \pm 14,6$ kg). Der Versuch umfasste eine einwöchige Anpassungsphase in der Gruppe, gefolgt von zwei Wochen in Einzelhaltung und anschliessend zwei viertägigen Bilanzperioden.

Die Bestimmung der Abbaubarkeit des Rohproteins (aRP) wurde mit der *in sacco* Methode (Dohme *et al.* 2007) mit drei fistulierten, trocken gestellten Holstein-Kühen (711 ± 30 kg) durchgeführt (Abb. 3). Die zu inkubierenden Proben wurden mit einer Sonde aus den Silierbehältern entnommen, lyophilisiert und anschliessend gemahlen (3 mm Sieb).

Für die Nährwertschätzungen wurden die Verdaulichkeitskoeffizienten mit den Gleichungen des GB2011 berechnet, als Koeffizienten der vRP wurden die der GB2011-Tabelle verwendet.

Resultate

Bei der Pflanzenentwicklung dominieren nach der Blüte und bis zur Ernte die Entwicklung des Kolbens und die Füllung der Körner (Carpentier und Gabon 2011). Bei Amadeo entwickelte sich der Kolben generell früher und der Kolbenanteil war höher als bei LG32.52 (Abb. 2; in der frühen Teigreife 7–8 % höherer Kolbenanteil bei Amadeo).

Chemische Zusammensetzung

Die Nährstoffgehalte in der Ganzpflanze entwickeln sich in Abhängigkeit der Entwicklungsstadien und den damit einhergehenden physiologischen Veränderungen wie Absinken des Rohproteingehalts durch Welken der Blätter und Anstieg des Energiegehalts (Stärke, Fett) durch die Entwicklung der Körner. Diese Entwicklung variierte von Jahr zu Jahr (Tab. 2 und 3).

Bei der Grünfütterernte war der Stärkegehalt von Amadeo in der Milchreife um 22 % (34g/kg TS) höher als der von LG32.52, in der frühen Teigreife um 26 % (82g) und in der späten Teigreife um 11 % (42g). Diese Unterschiede betragen in der Silage nach Konservierung 28 %, 14 % und 6 %, wodurch sich bestätigt, dass Amadeo effektiv unter den Typ «Stärke» fällt. In der Milchreife traten bei Amadeo stark jahresabhängige Unterschiede bezüglich des Stärkegehalts auf mit Werten von 100 g/ kg TS im Jahr 2008 vs. 207 g/kg TS im Jahr 2010. Bei LG32.52 betragen die Stärkegehalte 69 g vs. 169 g/kg TS.



Abb. 3 | Entnahme der in den Pansen inkubierten Säckchen zur Bestimmung der Abbaubarkeit des Rohproteins.

Tab. 2 | Chemische Zusammensetzung von Mais bei der Ernte (Gehalte 2008 / 2010 in g/kg TS)

Sorten	Milchreife		Frühe Teigreife		Späte Teigreife	
	Amadeo	LG32.52	Amadeo	LG32.52	Amadeo	LG32.52
Tage seit der Aussaat	103 / 122	103 / 122	136 / 142	136 / 142	157 / 175	157 / 175
Trockensubstanz (TS) %	20 / 24	21 / 24	27 / 31	28 / 30	42 / 41	- / 40
Organische Substanz (OS)	956 / 962	955 / 957	961 / 966	953 / 961	969 / 971	- / 967
Rohprotein (RP)	84 / 72	88 / 78	75 / 68	81 / 69	76 / 75	- / 64
Rohfaser (RF)	245 / 194	252 / 213	203 / 161	234 / 187	177 / 144	- / 171
Lignocellulose (ADF)	284 / 220	295 / 235	237 / 193	269 / 223	202 / 167	- / 205
Zellwandbestandteile (NDF)	488 / 411	497 / 442	433 / 355	469 / 400	449 / 343	- / 360
Stärke	100 / 207	69 / 169	286 / 349	202 / 268	389 / 419	- / 362
Zucker*	206 / 188	216 / 183	117 / -	133 / -	62 / -	- / -
Aminosäuren gesamt	73 / 66	71 / 71	66 / 62	72 / 63	66 / 70	- / 58
Lysin	3,6 / 2,2	3,3 / 2,5	2,5 / 2,5	2,8 / 2,7	2,2 / 2,4	- / 2,1
Methionin	1,5 / 1,4	1,5 / 1,5	1,2 / 1,2	1,4 / 1,3	1,2 / 1,3	- / 1,2
Cystin	0,8 / 0,9	0,8 / 0,9	1,0 / 1,1	1,0 / 1,0	1,2 / 1,3	- / 1,2
Fett	Nov-15	13 / 14	23 / 23	17 / 21	27 / 23	- / 20
Palmsäure (C16)	2,5 / 2,3	2,5 / 2,3	- / 2,9	- / 2,8	- / 2,6	- / 2,3
Ölsäure (C18:1)	1,6 / 2,7	1,4 / 2,7	- / 4,9	- / 4,9	- / 4,9	- / 5,0
Linolsäure (C18:2)	3,9 / 6,5	3,6 / 5,5	- / 11,4	- / 9,6	- / 12,8	- / 10,3
Linolensäure (C18:3)	3,4 / 2,0	3,4 / 2,3	- / 1,6	- / 2,1	- / 0,7	- / 0,7
Calcium (Ca)	1,8 / 2,1	2,0 / 2,6	1,7 / 2,0	2,2 / 2,5	1,4 / 1,7	- / 1,9
Phosphor (P)	2,3 / 2,3	2,5 / 2,4	2,2 / 2,4	2,3 / 2,3	2,3 / 2,8	- / 2,9

* für das Jahr 2010 sind in den Silagen keine Zuckergehalte verfügbar

2008 erfolgte die Ernte 103 Tage nach der Aussaat vs. 122 Tage im Jahr 2010.

Im Hinblick auf andere Nährstoffe waren die Gehalte beider Sorten in den zwei Jahren ähnlich.

Die Zuckergehalte wurden durch Nahinfrarot-Spektroskopie bestimmt (NIRS kalibriert mit der Methode für in Ethanol lösliche Zucker). Sie sinken in den Silagen deutlich, da bei den Fermentationen Zucker in flüchtige Fettsäuren umgewandelt werden. Die Zuckergehalte des silierten Mais waren in der Milchreife um 80 % tiefer als zum Zeitpunkt der Ernte, in der frühen Teigreife um 70 % und in der späten Teigreife um 40 %.

Da sich die Mehrheit der Fette im Kolben befindet (80 %), stiegen die Fettgehalte mit zunehmender Kolbenreife an. Von der Milchreife zur späten Teigreife veränderten sich die Fettgehalte im frischen Futter folgendermassen: Der Fettgehalt stieg um 70 % (von 13,3 g auf 22,6 g/kg TS), der Ölsäuregehalt (C18 :1) um 138 % von 2,1 auf 5,0 g/kg TS, der Linolensäuregehalt (C18 :2) um 137 % von 4,9 auf 11,6 g/kg TS und der Palmsäuregehalt (C16) blieb unverändert bei 2,4 g/kg TS. Der Linolsäure-

gehalt (C18 :3) hingegen sank um deutliche 75 % von 2,8 auf 0,7 g/kg TS.

Verdaulichkeit in vivo

Die Verdaulichkeit der organischen Substanz wird am stärksten durch das Entwicklungsstadium beeinflusst (Tab. 4). Sie steigt mit zunehmender Pflanzenreife und zunehmendem Kolbenanteil. Die Verdaulichkeiten in der Milchreife unterschieden sich von denjenigen der beiden Teigreife-Stadien (vOS $p < 0,01$, vRP $p < 0,05$ und vNDF $p < 0,01$).

Die Verdaulichkeiten der beiden Sorten ähnelten sich im Grossen und Ganzen mit folgenden Werten: vOS von 73,4 % bei Amadeo und 73,2 bei LG32.52 ($p > 0,1$), vRP von 51,3 % bei Amadeo und 51,4 % bei LG32.52 ($p > 0,1$) sowie vNDF von 66,3 % bei Amadeo und 65,7 % bei LG32.52 ($p > 0,1$).

Abbaubarkeit in sacco

In der späten Teigreife war die aRP mit zehn Prozentpunkten weniger als in den beiden früheren Stadien

Tab. 3 | Chemische Zusammensetzung der Silagen (Gehalte 2008 / 2010 in g/kg TS)

Sorten	Milchreife		Frühe Teigreife		Späte Teigreife	
	Amadeo	LG32.52	Amadeo	LG32.52	Amadeo	LG32.52
Tage seit der Aussaat	103 / 122	103 / 122	136 / 142	136 / 142	157 / 175	157 / 175
Trockensubstanz (TS) %	21 / 24	23 / 24	29 / 33	30 / 30	44 / 40	- / 39
Organische Substanz (OS)	955 / 957	960 / 956	961 / 966	958 / 960	961 / 968	- / 964
Rohprotein (RP)	77 / 80	81 / 80	76 / 74	86 / 74	78 / 80	- / 68
Rohfaser (RF)	290 / 229	251 / 256	233 / 193	225 / 224	234 / 178	- / 203
Lignocellulose (ADF)	338 / 250	289 / 284	258 / 223	250 / 256	272 / 205	- / 231
Zellwandbestandteile (NDF)	564 / 459	502 / 494	437 / 467	448 / 472	461 / 404	- / 449
Stärke	106 / 235	73 / 169	306 / 359	216 / 307	416 / 421	- / 398
Zucker	- / 34	- / 36	- / 37	- / 44	- / 35	- / 39
Aminosäuren gesamt	- / 67	- / 65	- / 64	- / 62	- / 72	- / 59
Lysin	- / 2,9	- / 3,1	- / 2,3	- / 2,4	- / 2,0	- / 1,9
Methionin	- / 1,4	- / 1,4	- / 1,3	- / 1,3	- / 1,3	- / 1,2
Cystin	- / 0,9	- / 0,8	- / 1,1	- / 1,0	- / 1,3	- / 1,1
Fett	Dez-21	13 / 15	24 / 29	18 / 25	28 / 31	- / 27
Palmsäure (C16)	- / 3,0	- / 3,1	- / 4,0	- / 3,4	- / 3,5	- / 3,1
Ölsäure (C18:1)	- / 2,8	- / 2,6	- / 5,9	- / 5,4	- / 5,9	- / 5,8
Linolsäure (C18:2)	- / 7,7	- / 6,4	- / 14,9	- / 11,7	- / 14,6	- / 11,7
Linolensäure (C18:3)	- / 2,7	- / 2,9	- / 1,9	- / 2,2	- / 1,0	- / 0,8
Calcium (Ca)	2,0 / 2,3	2,1 / 2,8	1,6 / 2,0	2,1 / 2,7	1,7 / 2,4	- / 2,4
Phosphor (P)	2,6 / 2,4	2,5 / 2,2	1,9 / 2,4	2,6 / 2,1	2,4 / 2,3	- / 2,3

am schwächsten ($p < 0,01$, Tab. 4). Hinsichtlich der aRP traten keine sortenabhängigen Unterschiede auf ($p = 0,4$).

Bestimmte vs. geschätzte vOS und aRP

Im Hinblick auf die *in vivo* bestimmten Koeffizienten werden die mittels Gleichungen berechneten vOS unterschätzt ($-3,5 \pm 3,7\%$, Abb. 4), die vRP hingegen überschätzt ($9,3 \pm 9,6\%$). In der Teigreife erwies sich der Ansatz der vOS Berechnung mit der Gleichung unter Einbezug der RF als ein wenig besser als mittels ADF-NDF. Die Tabellenwerte liefern vOS-Werte, die häufig näher an den *in vivo* Werten liegen als die auf der Grundlage von Probenanalysen berechneten Werte, da diese sehr stark voneinander abweichen können.

Die Verdaulichkeiten der Zellwandbestandteile (RF, NDF und ADF) können selbst bei der gleichen Sorte und im gleichen Stadium von einem zum anderen Jahr variieren und liegen in einer Grössenordnung von den in der Literatur zitierten 45 bis 75 % (Andrieu und Baumont 2000; Barrière und Emile 2000; Daccord *et al.* 1996; Herter *et al.* 1996).

Der im Grünen Buch angegebene aRP-Wert von 72 % (aus De Boever *et al.* 2002) wurde in der Milchreife und der frühen Teigreife um 5,8 % und 7,5 % unterschätzt, in der späten Teigreife hingegen um 8,3 % überschätzt.

Diese Unterschiede sind nicht an ein bestimmtes Wachstumsstadium, an eine Sorte oder an ein Jahr gebunden, sie sind vielmehr die Folge der unterschiedlichen Gehalte im Ausgangsmaterial.

Nährwerte

Die Energiewerte NEL (Netto-Energie-Laktation), NEV (Netto-Energie-Fleisch) sowie die Proteinwerte APDE (Absorbierbares Protein im Darm aus verfügbarer Energie) und APDN (Absorbierbares Protein im Darm aus abgebautem Rohprotein) werden mittels der Nährstoffe (RP, RF oder NDF und ADF, Asche), der Verdaulichkeit (vOS und vRP) sowie der Abbaubarkeit des RP (aRP) berechnet. Folglich beeinflusst die Schätzung von vOS, vRP und aRP die Ergebnisse.

Die mittels experimentell bestimmter Koeffizienten berechneten oder mittels Vorhersagegleichungen geschätzten Nährwerte (Tab. 5) weisen Unterschiede in Höhe von +2 % bis -14,6 % für die NEL-Werte und in

Tab. 4 | Bestimmte und geschätzte Verdaulichkeiten und Abbaubarkeiten der Silagen (2008/2010)

Sorten	Milchreife		Frühe Teigreife		Späte Teigreife	
	Amadeo	LG32.52	Amadeo	LG32.52	Amadeo	LG32.52
vOS _{in vivo}	64,1/71,9	71,1/69,2	71,9/77,9	73,3/76,6	77,9/76,8	- / 75,8
vOS _{geschätzt Van Soest} ¹	65,1/70,3	68,1/68,3	69,0/72,0	70,5/69,6	68,6/72,8	- / 70,7
Unterschied vOS in %	1,6 / -2,2	-4,2 / -1,3	-4,0 / -7,6	-3,8 / -9,1	-11,9 / -5,2	- / -6,7
vOS _{geschätzt RF} ²	66,8/70,7	69,4/69,1	70,3/72,6	71,4/70,7	70,3/73,9	- / 71,6
Unterschied vOS in %	4,2 / -1,7	-2,4 / -0,1	-2,2 / -6,8	-2,6 / -7,7	-9,8 / -3,8	- / -5,5
vOS _{sfd} ³	71,1	71,1	72,5	72,5	74,0	72,6
Unterschied vOS in %	10,9 / -1,1	0,0 / 2,8	0,8 / -6,9	-1,1 / -5,4	-5,0 / -3,7	- / -4,2
vRP _{in vivo}	42,3/50,0	52,5/48,4	47,1/55,0	55,9/52,1	57,1/56,2	- / 47,9
vRP _{geschätzt}	55,7/56,4	56,4/56,4	55,4/54,6	57,8/54,8	55,9/56,2	- / 53,2
Unterschied vRP in %	31,8/12,7	7,5/16,5	17,5 / -0,7	3,3/5,2	-2,2 / -0,1	- / 11,1
vRP _{sfd}	59,0	59,0	57,1	57,1	55,9	55,6
aRP _{in sacco}	- / 80,5	- / 72,4	- / 78,6	- / 76,9	- / 65,3	- / 67,7
aRP _{GB} ⁵	72,0	72,0	72,0	72,0	72,0	72,0
Unterschied aRP in %	- / -10,6	- / -0,6	- / -8,4	- / -6,4	- / 10,3	- / 6,4
vRF	60,4/67,4	62,8/64,3	63,4/70,3	61,3/70,5	75,0/65,9	- / 68,7
vADF	59,1/61,9	59,9/62,0	60,1/66,9	58,5/68,1	72,7/61,4	- / 63,3
vNDF	59,2/64	63,0/62,1	62,8/72,4	63,9/71,1	73,5/66,2	- / 68,1

¹vOS = 75,7 + 0,0701 × RP_{OS} + 0,0156 × NDF_{OS} + 0,0720 × ADF_{OS}

²vOS = 79,4 + 0,0652 RP_{OS} - 0,0591 RF_{OS}

³vOS_{sfd}: vOS Schweizerische Futtermitteldatenbank

⁴vRP_{GB}: aus VRP = RP(0,33+0,0033RP_{OS}-0,0000061RP_{OS}²)

⁵aRP Maissilage = 72 % gemäss Grünem Buch (ALP 2011)

Höhe von +9 % bis -16,6 % für die APDE-Werte auf. Ursachen dieser Differenz sind weder Sorte noch Wachstumsstadium, sondern die unterschiedlichen Gehalte der in die Gleichung eingehenden Parameter.

Verbesserungspotenzial der Schätzung

Unter Berücksichtigung der 124 von Agroscope untersuchten Maisproben und der 534 Einzelwerte, ist eine

Verbesserung der Schätzung der verdaulichen Substanz denkbar (Abb. 4):

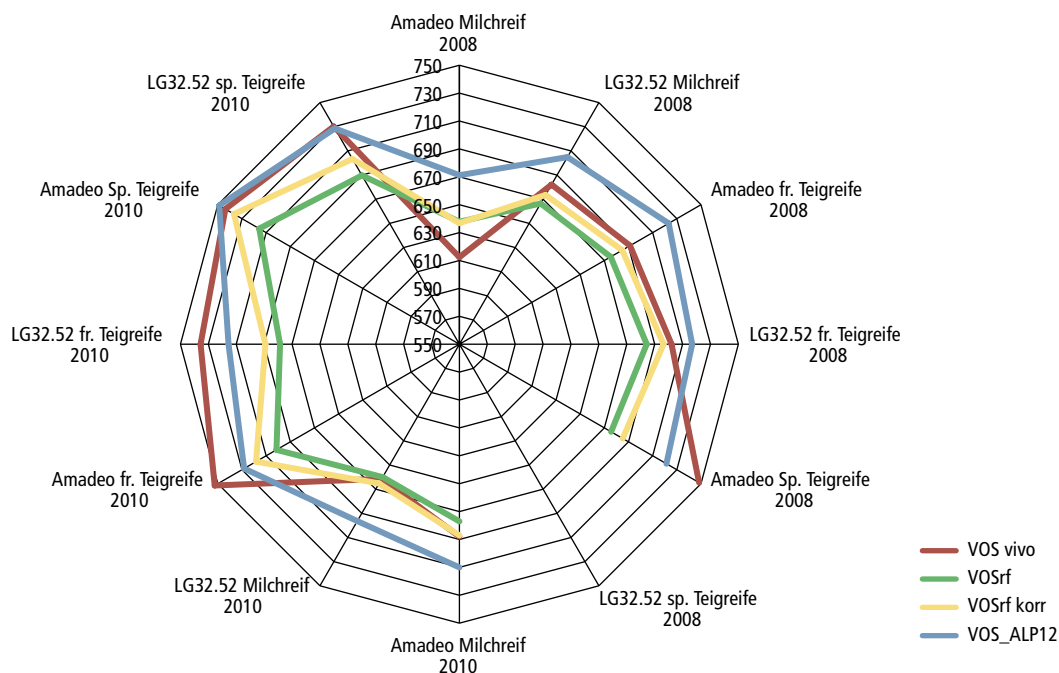
- Entweder erfolgt dies über eine Korrektur der berechneten VOS über die Schätzgleichung mit RF (INRA, Gleichung wurde mit in Frankreich angebautem Mais aufgestellt

$$R^2 = 0,40) \text{ VOS}_{\text{korrigiert}} = 1,2812 \times \text{VOS}_{\text{geschätzt}} - 180,35 \text{ (R}^2 \text{ 0,69)}$$



Tab. 5 | Nährwerte von Silagen, berechnet mittels vOS und aRP (experimentell bestimmt bzw. geschätzt (2008 / 2010))

	NEL _{best.}	NEL _{gesch.}	Diff.	APDE _{best.}	APDE _{gesch.}	Diff.
	MJ/kgTS	MJ/kgTS	%	g/kg TS	g/kg TS	%
Amadeo Milchreife	5,4 / 6,2	5,5 / 6,1	2,0 / -2,7	62,0 / 62,4	67,6 / 65,8	9,0 / 5,4
LG32.52 Milchreife	6,2 / 5,9	5,9 / 5,8	-5,1 / -1,7	71,5 / 66,9	69,1 / 66,3	-3,4 / -0,9
Amadeo fr. Teigreife	6,3 / 6,9	6,0 / 6,3	-4,9 / -9,2	61,4 / 65,2	62,4 / 63,4	1,6 / -2,8
LG32.52 fr. Teigreife	6,4 / 6,8	6,1 / 6,0	-4,6 / -11,1	68,3 / 66,0	68,8 / 62,3	0,8 / -5,6
Amadeo sp. Teigreife	6,9 / 6,8	5,9 / 6,4	-14,6 / -6,5	72,7 / 71,9	60,7 / 64,5	-16,6 / -10,3
LG32.52 sp. Teigreife	- / 6,7	- / 6,1	- / -8,2	- / 67,3	- / 60,7	- / -9,8



VOSvivo = OS x vOS bestimmt in vivo
 VOSRF = OS x vOS geschätzt mittels RF GB11
 VOSRF korr = 1,2812 x VOSRF - 180,35
 VOSALP12 = VOS geschätzt mittels neuer ALP12-Gleichung

Abb. 4 | Bestimmte und geschätzte organische Substanz in g/kg TS.

- oder sie erfolgt durch eine neue, auf unseren Bestimmungen (ALP12) basierende Gleichung, welche aber die Analyse der Zellwandbestandteile nach Van Soest bedingt (ADF, NDF ; R² 0,77; Nährstoffgehalte in g/kg TS):

$$VOS_{ALP12} = -1016,7 + (OS \times 1,8) + [(RP \times NfE) / 1000 \times 1,106] + [(RP_{OS} \times HEM_{OS}) / 1000 \times -3,01] + [(RF_{OS} \times NDF_{OS}) / 1000 \times -0,0013] + 10,3$$

bei Maisganzpflanzen oder -10,3 wenn der Mais in anderer Form vorliegt.

Vergleicht man die drei geschätzten VOS mit der aus der Gesamtheit der 534 Werte bestimmten VOS, so erzielt die anhand der RF geschätzte VOS einen Ansatzwert (die kleinste Differenz zur VOS_{vivo} bezogen auf andere Schätzungen) in Höhe von 27 %, die korrigierte VOS in Höhe von 31 % und die VOS ALP12 in Höhe von 42 %.

Schlussfolgerungen

- Die bei den gleichen Sorten auftretende Heterogenität der Nährstoffgehalte macht die Schätzung des Nährwertes bei Mais anfällig, da das Futter mehr oder weniger stark vom Modell abweicht.
- Die in der Schweizerischen Futtermitteldatenbank angegebenen Nährstoffgehalte von Maissilagen sind bei normalen Kulturbedingungen ein guter Ansatz, auch wenn keine Analysen vorliegen.
- Eine Korrektur der geschätzten VOS und eine neue, auf unseren Versuchen basierende Vorhersagegleichung der VOS ermöglichen eine Annäherung an die experimentell bestimmten Werte.
- Bezogen auf eine Mais-Anbaufläche von 46 800 ha in der Schweiz hat die Schätzgenauigkeit bedeutende finanzielle Auswirkungen.
- Die Vorhersagewerte bleiben immer Näherungswerte. Sie sind mit Bedacht zu verwenden und die Fütterungspläne je nach Reaktion der Tiere anzupassen. ■

Riassunto**Stima del valore nutritivo dell'insilato di mais**

Per completare delle prove precedentemente svolte e poter verificare e migliorare le previsioni del loro valore nutritivo, sono stati analizzati 12 insilati di mais. Durante due anni sono state raccolte e insilate due varietà (Amadeo e LG32,52) allo stadio lattiginoso, pastoso precoce e pastoso tardivo. È stata determinata la digeribilità della sostanza organica (DSO) in vivo su ovini e la degradazione della proteina grezza (dPG) in sacco su vacche fistolate. Si sono rilevate differenze nella composizione chimica che dipendono più dalle annate, che dalle varietà. La DSO aumentava proporzionalmente allo stadio di maturazione. La digeribilità allo stadio di maturazione lattea ($p < 0,01$) si differenziava dalla digeribilità dei 2 stadi pastosi (69,1 % vs. 74,9 % e 76,8 %), senza poter verificare una differenza varietale. A differenza della DSO la dPG diminuisce con l'aumento della maturità ($p < 0,01$), mostrando una percentuale del 66,5 % allo stadio pastoso tardivo (76,5 % maturazione lattea e 77,8 % maturazione pastoso precoce). La dPG delle due varietà era simile ($p = 0,4$). Lo scarto tra i valori nutrizionali calcolati attraverso coefficienti dedotti da una prova animale o in base a stime dedotte da equazione variavano da +2 % a -14,6 % per i NEL e da +9 % a -16,6 % per i PAIE. Tali differenze non dipendono né dalla varietà, né dallo stadio di maturazione. Per ridurre gli scarti residuali si propone una nuova equazione per SOD e una correzione dell'equazione della SOD attuale. I valori di stima previsionali rimangono approssimativi e sono da applicare con cautela.

Literatur

- Andrieu J., 1995. Prédiction de la digestibilité et de la valeur énergétique du maïs fourrage à l'état frais. *Prod. Anim.* **8** (4), 273–274.
- Arrigo Y. et al, 2006. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras, Posieux, 2011. Zugang: <http://www.agroscope.admin.ch/futtermitteldatenbank/04834/index.html?lang=de> [30. Juni 2012].
- Barrière Y. & Emile J.-C., 2000. Le maïs fourrage: Evaluation et perspectives de progrès génétiques sur les caractères de valeur alimentaire. *Fourrage* **163**, 221–238.
- BFS, 2011. Bundesamt für Statistik. Zugang: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/07/03/blank/data/01/02.html>.
- Carpentier B. & Gabon G., 2011. Le maïs fourrage: Elaboration du rendement et de la qualité, récolte et conservation, 55–70. Actes des journées de l'AFPF, 30–31 mars 2011 – Paris. Editions, RD 10, F – 78026 Versailles cedex ; <http://www.afpf-asso.org>.
- Daccord R., Arrigo Y. & Vogel R., 1995. Nährwert von Maissilage. *Agrarforschung* **9**, 397–400.

Summary**Estimate of the nutritive value of maize silage**

In order to check and improve the prediction of their nutritive value, 12 maize silages were studied as a supplement to the previous trials. Two varieties (Amadeo and LG32,52) were harvested at three different stages over the course of two years. The silages were studied to determine organic-matter digestibility (OMD) in the case of sheep, and nitrogen degradability (ND) in the case of fistulated cows. The chemical compositions differed more between years than between varieties. The OMDs of the plants increased with maturity, with the milky stage differing ($p < 0,01$) from the two wax-ripe stages (69,1 % vs. 74,9 % and 76,8 %), without distinction between the two varieties, whilst the ND decreased. In the hard-dough stage, the coefficient was lower (66,5 %, $p < 0,01$) than that of the other stages (76,5 % for the milky and 77,8 % for the soft-dough stage, respectively). The ND of the two varieties was similar ($p = 0,4$). The differences between the nutritive values calculated from coefficients determined or estimated by equations varied from + 2 % to - 14,6 % for the NELs and from + 9 % to -16,6 % for the PAIEs. A new equation for OMD and a correction of the estimated OMD are proposed in order to reduce the residual standard deviations. The predicted values will remain approximative values which must be used with great care.

Key words: corn silage, nutritive value, digestibility, degradability.

- De Boever J.L., Vanacker J.M. & De Brabander D.L., 2002. Rumen degradation characteristics of nutrients in maize silages and evaluation of laboratory measurements and NIRS as predictors. *Animal Feed Science and Technology* **101**, 73–86.
- Dohme F., Graf C.M., Arrigo Y., Wyss U. & Kreuzer M., 2007. Effect of botanical characteristics, growth stage and method of conservation on factors related to the physical structure of forage – An attempt toward a better understanding of the effectiveness of fiber in ruminants. *Feed Science and Technology* **138**, 205–227.
- Herter U., Arnold A., Schubiger F. & Menzi M., 1996. Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais. *Agrarforschung* **3** (11–12), 535–538.
- Schubiger F.X., Lehmann J., Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B. & Schehovic J., 2001. Die Bestimmung der Verdaulichkeit von Futterpflanzen. *Agrarforschung* **8** (9), 360–363.