

8 Sicherheit der Analysenqualität bei Gras- und Maissilage

H. Spiekers¹, M. Pries², T. Ettle¹, J. Danier³, H. Schenkel⁴

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, 85586 Poing/Grub, Prof.-Dürrwaechter-Platz 3

² Landwirtschaftskammer NRW, 48147 Münster, Nevinghoff 40

³ Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung (ZIEL)/Bioanalytik-TUM, Alte Akademie 10, 85350 Freising-Weißenstephan

⁴ Universität Hohenheim, Landesanstalt für landwirtschaftliche Chemie, Emil-Wolff-Straße 14, 70599 Stuttgart Hohenheim

1. Einführung

Basis einer aussagefähigen Rationsplanung für Wiederkäuer ist die Kenntnis der Gehalte an Energie und Rohnährstoffen der zur Verfügung stehenden Gras- und Maissilagen (Spiekers et al., 2009). Die Berechnung der ME-Gehalte soll hierbei auf Basis der empfohlenen Gleichungen erfolgen (GfE, 2008). Für die Berechnung der ME sind die Gehalte an Rohasche, Rohfett, Rohprotein ADF_{OM} und Gasbildung bei Grassilagen und die Gehalte an Rohfett, NDF_{OM} und Cellulase-Löslichkeit (ELOS) bei Maissilagen zu ermitteln. Die Ermittlung kann nasschemisch oder unter Nutzung der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) erfolgen. Hierbei sind die Vorgaben des VDLUFA zu beachten. Bei Ofentrocknung sind die gasförmigen Verluste nach Weißbach und Kuhla (1995) zu berücksichtigen. Zur Überprüfung der Analysenqualität erfolgten in dem VDLUFA angeschlossenen Laboren Vergleichsuntersuchungen an Gras- und Maissilagen deren Energiegehalte an Hammeln bestimmt wurden. Die Untersuchungen erfolgten in Zusammenarbeit von VDLUFA und dem Bundesarbeitskreis der Fütterungsreferenten der DLG. Im Weiteren werden die Untersuchungen getrennt dargestellt.

2. Berücksichtigung der gasförmigen Verluste bei der Ofentrocknung

Wie bereits ausgeführt sind die gasförmigen Verluste nach Weißbach und Kuhla (1995) zu berücksichtigen. Bei Kenntnis der Gehalte an Gärssäuren sind die spezifischen Gleichungen anzuwenden. Dies empfiehlt sich in aufwändigen Verdaulichkeitsbestimmungen an Hammeln oder Rindern. Ansonsten sind folgende Gleichungen anzuwenden:

Grassilage: korrigierter TM-Gehalt (%) = 2,08 + 0,975 unkorrr. TM (%)

Maissilage: korrigierter TM-Gehalt (%) = 2,22 + 0,960 unkorrr. TM (%)

Durch die Berücksichtigung der Verluste erhöht sich der Gehalt an Trockenmasse. Bei den flüchtigen Substanzen handelt es sich in erster Linie um Gärssäuren und Alkohole, weshalb diese den N-freien Substanzen bzw. dem organischen Rest zugeordnet werden. Rechnerisch reduzieren sich hierdurch die Gehalte an Rohasche, Rohprotein, Rohfaser, Rohfett, ADF_{OM} und NDF_{OM} . Bei der Gasbildung wird in gleicher Weise Verfahren, da die flüchtigen Substanzen kein Gas bilden. Umgekehrt ist die Situation bei der Cellulase-Löslichkeit, da aus den flüchtigen Substanzen kein Glührest resultiert.

Für die einzelnen Rohnährstoffe und die Gasbildung bzw. für ELOS ergeben sich dann folgende Gleichungen zur Korrektur:

$Rohnährstoff_{TMkorrr} = Rohnährstoff \times (unkorr. TM / korr. TM)$

(Dabei: Rohnährstoff = Rohasche, Rohprotein, Rohfaser, Rohfett, ADF_{OM} und NDF_{OM} und Gasbildung)

$ELOS_{TMkorrr} [\% \text{ der TM}] = (ELOS [\% \text{ der FM}] + (korr. TM [\%] - unkorrr. TM [\%])) / korr. TM [\%] \times 100$

3. Vergleichsuntersuchungen

3.1. Material und Methoden

Für die Vergleichsuntersuchungen mit Grassilage standen fünf Silagen des ersten Aufwuchses aus dem Jahr 2009 zur Verfügung. An diesen Grassilagen wurden im LZ Haus Riswick Verdaulichkeitsmessungen

mit je 4 Hammeln gemäß den Vorgaben der GfE (1991) durchgeführt. Die Silagen wurden aus der frischen Anschnittfläche in fünf Betrieben, verteilt über ganz NRW, gewonnen, in 200 l Fässern umsiliert und zum LZ Haus Riswick transportiert. Für den Hauptversuch wurde das Futter portionsweise abgepackt und eingefroren. Während des Abpackens wurden von jeder Silage acht repräsentative Probemuster erstellt und anschließend sechs verschiedenen Laboren zur Analyse übergeben. In jedem Labor wurde jede Silage vierfach wiederholt nasschemisch sowie mittels NIRS-Technik untersucht. Die Energieberechnung im Verdauungsversuch erfolgte gemäß den Vorgaben der GfE (2001). Für die Energieberechnung in den Laboren wurden die GfE-Schätzgleichungen (2008) verwandt.

Für die Vergleichsuntersuchungen mit Maissilage standen 5 Silagen zur Verfügung, deren Verdaulichkeiten an jeweils 5 Hammeln nach den Richtlinien der GfE (1991) überprüft wurden (Ettle et al. 2010). Beim Abpacken der für die Verdaulichkeitsbestimmungen benötigten Tagesportionen wurden repräsentative Proben von ca. 1 kg gezogen und tiefgefroren. Diese wurden an 10 an der Vergleichsuntersuchung beteiligte Labore per Eilzustellung übersendet, so dass durch den Transport keine Ungleichheiten bedingt sind. In den beteiligten Laboren wurden die Silagen nasschemisch und mittels NIRS nach der üblichen Laborroutine untersucht. Die resultierenden Ergebnisse wurden zentral in Grub gesammelt und ausgewertet.

Es wurden die Ergebnisse mit und ohne Berücksichtigung der Verluste bei der Ofentrocknung erfragt und gegenübergestellt. In einem zweiten Schritt wurden die unkorrigierten Ergebnisse einheitlich korrigiert und die Gehalte an ME nach GfE (2008) berechnet.

3.2. Ergebnisse

3.2.1. Grassilage

Die Rohnährstoffgehalte und die Verdaulichkeit der organischen Masse (OM) sowie die daraus berechneten Energiegehalte sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Silagen weisen eine gute Verdaulichkeit der OM auf, aus denen sich Energiegehalte zwischen 6,42 und 7,15 MJ NEL/kg TM ergeben. Die Anwendung der Schätzgleichungen führt im Mittel zu etwas niedrigeren Energiewerten, wobei aber die Rangierung der Silagen in etwa widerspiegelt wird und sich dementsprechend geringe Schätzfehler ergeben.

Tabelle 1: Ergebnisse der energetischen Futterwertprüfung mit fünf Grassilagen aus NRW, LZ Haus Riswick, Kleve

Silage	HSK	s	MS	s	KLE	s	GM	s	Eifel	s
TM, g/kg	282		211		389		241		326	
XA, g/kg TM	82		85		95		95		101	
XP, g/kg TM	182		182		182		152		138	
XL, g/kg TM	46		47		39		37		37	
XF, g/kg TM	231		277		278		241		245	
NDFom, g/kg TM	408		502		527		477		448	
ADFom, g/kg TM	241		308		298		278		270	
Gb, ml/200 mg TM	52,4		47,0		46,6		46,9		51,2	
OM, %	81,5	0,56	78,4	1,13	76,6	0,72	76,0	0,20	76,6	0,65
ME MJ/kg TM	11,69	0,10	11,20	0,18	10,70	0,10	10,64	0,04	10,63	0,08
NEL MJ/kg TM	7,15	0,07	6,77	0,14	6,44	0,07	6,42	0,03	6,43	0,06
ME '08 Gb, MJ/kg TM	11,36		10,40		10,25		10,24		10,52	
Schätzfehler, %					2,3					
NEL '08 Gb, MJ/kg TM	6,90		6,19		6,10		6,12		6,35	
Schätzfehler, %					2,7					

TM = Trockenmasse; XA = Rohasche; XP = Rohprotein; XL = Rohfett; XF = Rohfaser; ADFom = Säure Detergenzienfaser; NDFom = Neutrale Detergenzienfaser; Gb = Gasbildung; OM = Verdaulichkeit der organischen Masse; ME = Umsetzbare Energie; NEL = Nettoenergie Laktation, s = Standardabweichung

Die in Tabelle 2 dargestellten mittleren Analysenbefunde für die fünf Silagen aus den sechs Laboren auf Basis nasschemischer Untersuchungen stimmen im Mittel gut mit den Ergebnissen aus der Verdaulichkeitsmessung überein. Zwischen den Laboren bestehen aber zum Teil erhebliche Unterschiede, was vor allem in den differierenden Energiewerten zum Ausdruck kommt.

Untersuchungen auf Basis der NIRS-Technik führten zu einer deutlichen Unterschätzung der Energiegehalte mit wiederum sehr großen Unterschieden zwischen den Laboren (Tab. 3). Ursächlich hierfür war vor allem ein unterschiedliches Vorgehen bei der Trockenmasskorrektur.

Tabelle 2: Analysenbefunde und Gehalt an NEL von fünf Silagen auf Basis nasschemischer Analysen von sechs verschiedenen Laboren, TM-korrigiert

	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittel aus Verdaulichkeitsmessung
TM, g/kg	308	294	322	290
XA, g/kg TM	96	92	107	92
XP, g/kg TM	157	149	174	167
XL, g/kg TM	41	38	43	41
ADFom, g/kg TM	271	262	279	279
GB, ml/200 mg TM	49,3	47,6	53,0	48,8
NEL, MJ/kg TM	6,37	6,21	6,55	6,64

Tabelle 3: Analysenbefunde und Gehalt an NEL von fünf Silagen auf Basis NIRS-Technik von sechs verschiedenen Laboren, TM-korrigiert

	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittel aus Verdaulichkeitsmessung
TM, g/kg	307	294	325	290
XA, g/kg TM	98	92	107	92
XP, g/kg TM	156	148	166	167
XL, g/kg TM	39	34	42	41
ADFom, g/kg TM	273	257	287	279
GB, ml/200 mg TM	47,8	45,3	51,8	48,8
NEL, MJ/kg TM	6,24	6,00	6,48	6,64

3.2.2. Maissilage

Die im Verdauungsversuch ermittelten Gehalte an Rohnährstoffen und die gemessenen Verdaulichkeiten sind aus der Tabelle 4 ersichtlich. Es zeigten sich merkbliche Unterschiede in den Verdaulichkeiten der organischen Substanz, die aber gut mit den Unterschieden bei NDF_{OM} und ELOS korrelieren.

Tabelle 4: Rohnährstoffgehalte und am Hammel bestimmte Verdaulichkeit der Maissilagen, Ettle et al. (2010)

Variante	TM g/kg	XA	XP	XL	XF (g/kg TM)	NfE	Stärke	Zucker
Mais 1	406	34	69	33	198	665	348	6
Mais 2	399	39	75	39	183	664	347	8
Mais 3	399	34	70	34	175	687	378	11
Mais 4	401	36	71	37	185	671	344	12
Mais 5	451	33	69	36	209	654	341	6

Variante	ELOS	ADFom (g/kgTM)	NDFom	Gasbildung ml/200 mg TM	Verdaulichkeit der Organ. Substanz %
Mais 1	669	225	433	50,3	74 ± 3
Mais 2	735	191	362	49,8	77 ± 2
Mais 3	709	183	382	49,8	76 ± 3
Mais 4	740	202	403	48,9	77 ± 2
Mais 5	678	235	426	45,9	71 ± 4

In der Vergleichsuntersuchung ergaben sich im Mittel der 10 Labore, die in Tabelle 5 aufgeführten Rohnährstoffgehalte und ELOS-Werte in Abhängigkeit von der Analysenmethodik und der TM-Korrektur. Die TM-Korrektur erfolgte dabei wie unter 2 für Maissilagen angeführt. Systematische Abweichungen in Abhängigkeit von der Analytik zeigen sich bei NDF_{OM} und ELOS. Bei Anwendung der NIRS ist NDF_{OM} leicht höher und ELOS leicht niedriger. Hier gibt es somit noch Bedarf an Standardisierung. Unter Be-

rücksichtigung der TM-Korrektur ergeben sich leicht niedrigere Rohnährstoffgehalte und ein höherer Gehalt an ELOS.

Tabelle 5: Mittlere Gehalte der Maissilagen der einbezogenen Labore (n=10) im Vergleich der Methoden

Analytik	NASS	NIRS	NASS	NIRS
TM-Korrektur		ohne	standardisiert*	
XA, g/kg TM	36	38	35	37
XP, g/kg TM	69	71	68	70
XL, g/kg TM	33	32	33	32
NDFom, g/kg TM	392	407	386	401
ELOS, g/kg TM	701	683	706	688
XS, g/kg TM	379	371	372	365

*nach Weißbach und Kuhla (1995)

Auf Basis der TM-korrigierten Gehalte wurden die ME-Gehalte nach GfE (2008) berechnet und den am Hammel bestimmten Gehalten gegenübergestellt (s. Tabelle 6). Im Mittel zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung. Auf Grund der bereits angeführten leichten systematischen Abweichungen für NDF_{OM} und ELOS zwischen nasschemischer Untersuchung und NIRS liegen auch die ME-Gehalte bei NIRS etwas niedriger als bei der Nasschemie. Die Übereinstimmung zu den Werten am Hammel ist gegeben.

Tabelle 6: Mittlere ME-Gehalte (MJ/kg TM) der Maissilagen der 10 Labore im Vergleich zur Verdaulichkeitsbestimmung

Analytik	NASS	NIRS	VQ
Mais 1	11,3 ± 0,25	11,1 ± 0,31	11,0
Mais 2	11,4 ± 0,24	11,3 ± 0,33	11,5
Mais 3	11,3 ± 0,21	11,2 ± 0,26	11,4
Mais 4	11,4 ± 0,22	11,2 ± 0,32	11,6
Mais 5	11,0 ± 0,25	10,8 ± 0,32	10,7
Mittel	11,30	11,12	11,22

Für die Gesamtheit der Labore ergibt sich bei Einhaltung der Vorgaben zur TM-Korrektur und der TM-Berechnung somit eine hohe Sicherheit in der Analysenqualität. Die Auswertung als Ringversuch zeigt den Laboren die noch bestehenden Schwachstellen.

Die ergänzend durchgeführte Auswertung mit den von den Laboren übermittelten „fertig“ korrigierten Daten zeigte allerdings größere Abweichungen. Offensichtlich bestehen noch verschiedene Vorgehensweisen. Eine generelle Anwendung der unter Punkt 2 gemachten Vorgaben ist geboten.

4. Fazit

Die mit den Gleichungen der GfE (2008) ermittelten Energiegehalte stimmen bei Sicherstellung der Analytik und Einhaltung der Vorgaben zur Berücksichtigung der Verluste bei der Ofentrocknung gut überein. Zur Sicherstellung des Vorgehens sind praxisnahe Vergleichs- und Ringversuche zu empfehlen. Die Messung mittels NIRS ist insbesondere bei Gasbildung, ELOS, ADF_{OM} und NDF_{OM} weiter zu verbessern.

5. Literatur

- Ettle, T., Weinfurter, S., Obermaier, A. (2010): Versuchsbericht: Verdaulichkeitsbestimmung von Maissilagen verschiedener Maissorten mit unterschiedlichen Beizungen, www.LfL.bayern.de
- GfE (1991): Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie: Leitlinien zur Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern, *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 65, 229-234

- GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- GfE (2008): New Equations for Predicting Metabolisable Energy of Grass and Maize Products for Ruminants, Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17, 191 - 198
- Spiekers, H., Nussbaum, H., Potthast, V. (2009): Erfolgreiche Milchviehfütterung, 5. Auflage, DLG-Verlag Frankfurt a.M.
- Weißbach, F., Kuhla, S. (1995): Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übers. Tierern. 23, 189-214