

Forschungsbericht

Fütterung von Kühen unter besonderer Berücksichtigung von Futterqualität sowie Protein- und Strukturversorgung zur Verbesserung der Gesundheit und Minderung der Umweltbelastung

Forschungs-Nr.: 2/15

Laufzeit: 2005 – 2009

**verantw.
Themenbearbeiter:** Dr. Bernd Losand

Mitarbeiter: Dipl. agr. Ing. Marion Jakobs
Elke Blum
Bärbel Schwarz
Jana Flor
Dr. Heidi Jänicke

Beteiligte Einrichtungen: Gut Dummerstorf GmbH
Danisco Sugar Anklam
Nordzucker, Zuckerfabrik Güstrow
VdZ
Landwirtschaftskammer SH
Syngenta Seeds GmbH
Advanta

Dezember 2009

Themenbearbeiter

Institutsleiter

Inhaltsverzeichnis

1	Berücksichtigung einer verstärkten Grünlandnutzung zur Herstellung und zum Einsatz energiereicher Konservate in der Milchviehration und Fütterung säugender Mutterkühe	3
	Einführung	3
	Beschreibung des Datenmaterials:	5
	Vergleich der ermittelten Energiegehalte mit den aktuellen Schätzgleichungen (AfB 2008).....	7
	Ableitung von Schätzgleichungen aus dem vorhandenen Datenmaterial	9
	Diskussion der abgeleiteten Schätzgleichungen	12
	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für die Bewertung von Gras-, Gras/Leguminosen- und Luzerneaufwüchsen	13
2	Bewertung silierter Maisprodukte	15
	Beschreibung des Datenmaterials	15
	Vergleich der ermittelten Energiegehalte mit der aktuellen Schätzgleichung Maisernteprodukte (AfB 2008).....	16
	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für die Bewertung von Maissilagen und Grünmais	19
3	Klärung von Einsatzmöglichkeiten von Nebenprodukten der regionalen industriellen Verarbeitung von landwirtschaftlichen Rohstoffen	19
	Pressschnitzel und Rübenkleinteile.....	19
	Diskussion der Ergebnisse.....	21
	Schlussfolgerungen	26
	Biertrebersilagen.....	27
	Diskussion der Ergebnisse der Verdaulichkeitsprüfungen.....	28
	Schlempen aus der Bioethanolgewinnung mit Getreide und Zuckerrüben	29
	Beschreibung des Datenmaterials	31
	Diskussion der Ergebnisse der Verdaulichkeitsuntersuchungen	32
	Topinamburkraut.....	35
4	Vereinfachte Schätzung des Energiegehaltes von Mischrationen aus der Wiederkäuerfütterung	36
5	Überlegungen zur weiteren Standardisierung von Verdaulichkeitsuntersuchungen mit Grund- und Konzentratfuttermitteln an Hammeln zur Tabellierung für Wiederkäuer	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Chemische Zusammensetzung, ELOS, Verdaulichkeit der organischen Substanz _{in vivo} sowie der aus den verdaulichen Nährstoffen (GfE 1995) berechnete Gehalt an umsetzbarer Energie in Gras- und Gras-/Leguminosen-Gemischen.....	6
Tabelle 2:	Chemische Zusammensetzung, ELOS, Verdaulichkeit der organischen Substanz _{in vivo} sowie der aus den verdaulichen Nährstoffen (GfE 1995) berechnete Gehalt an umsetzbarer Energie in Luzerneaufwüchsen.....	7
Tabelle 3:	Vergleich der geschätzten (nach AfB 2008) und der im Verdauungsversuch ermittelten Energiegehalte von unterschiedlich klassifizierten Grasernteprodukten	8
Tabelle 4:	Bias, Reststreuung s_R und Bestimmtheitsmaß B der verschiedenen Schätzgleichungen, angewendet für die verschiedenen Kategorien der Futtermittel.....	4
Tabelle 5:	Chemische Zusammensetzung, ELOS, Verdaulichkeit der organischen Substanz _{in vivo} sowie der aus den verdaulichen Nährstoffen (GfE 1995) berechnete Gehalt an umsetzbarer Energie in Maisernteprodukten	16
Tabelle 6:	Nährstoff- sowie im Hammelversuch bestimmter und nach Schätzgleichungen berechneter Energiegehalt gruppiertes Maissilage.....	17
Tabelle 7:	Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und Energiegehalt von Maissilage im Direktversuch (100 % Maissilage) vs. im Differenzversuch (50 ... 90 % Maissilage + 10 ... 50 % Grassilage bzw. Heu).....	18
Tabelle 8:	Gehalt an Gärsäuren, NH ₃ -N sowie pH-Wert siliertes Rübenkleinteile	20
Tabelle 9:	Chemische Zusammensetzung sowie Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) der untersuchten Pressschnitzel bzw. Pressschnitzelsilagen mit und ohne Melasszusatz	20
Tabelle 10:	Nährstoffgehalt unterschiedlich gruppiertes Pressschnitzelsilage, Charakterisierung der Tagesration der Prüftiere und Verdaulichkeit der Nährstoffe	22
Tabelle 11:	Variation und Mittelwert der Nährstoffzusammensetzung von Zuckerrübenkleinteilen der Zuckerfabriken in M-V.....	25
Tabelle 12:	Vorschlag Tabellierung Futterwert von Pressschnitzelsilagen	27
Tabelle 13:	Rohnährstoff- und Energiegehalt von Biertreibersilagen	28
Tabelle 14:	Verdaulichkeit der Nährstoffe und Energiegehalt von Biertreibersilage sowie Charakterisierung der Tagesration der Prüftiere bei unterschiedlichen Anteilen Biertreber in der Prüfration	4
Tabelle 15:	Rohnährstoffgehalt und ELOS der Schlempe aus der Bioethanolgewinnung (g/kg TS) bei Prüfung der Rohnährstoffverdaulichkeit	31
Tabelle 16:	Verdaulichkeit der Nährstoffe und Energiegehalt von Schlempe aus der Bioethanolgewinnung sowie Charakterisierung der Tagesration der Prüftiere bei unterschiedlichen Anteilen Schlempe in der Prüfration	33
Tabelle 17:	Nährstoffgehalt von im Sommer geerntetem Topinamburkraut.....	35
Tabelle 18:	Verdaulichkeit (%) der Rohnährstoffe und Energiegehalt von getrocknetem und siliertem Topinamburkraut	36
Tabelle 19:	Chemische Zusammensetzung sowie Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) und VOS _{in vivo} der untersuchten Mischrationen	36

1 Berücksichtigung einer verstärkten Grünlandnutzung zur Herstellung und zum Einsatz energiereicher Konservate in der Milchviehration und Fütterung säugender Mutterkühe

Einführung

In den letzten zwanzig Jahren hat die Maispflanze fast die gleiche Bedeutung in der Wiederkäuerfütterung erlangt wie das Futter vom Grünland. Dies ermöglichte vielen Betrieben eine Stabilisierung des Energielieferungsvermögens bei ausreichender Wiederkäuergerechtigkeit der Rationen und trug mit zu einer enormen Steigerung der Milchleistung bei den Milchkühen bei. Dies führte jedoch, begleitet durch die höheren Anforderungen an die Pflege und Ernte des Grases und dessen Konservierung trotz der Opportunitätskosten des Maisanbaus quantitativ wie qualitativ zur relativen Verringerung der Bedeutung des Grünlandes als hauptsächlicher Grundfutterlieferant. Im Zuge der Ausweitung des Energiepflanzenanbaus hat scheinbar die Maispflanze wiederum die höhere Vorzüglichkeit gegenüber dem Grünland. Dadurch wird der Energiesektor objektiv zum Konkurrenten für den Futterbau. Dies bietet die Chance, das Grünland wieder mehr in den Mittelpunkt der Bemühungen um ein qualitativ hochwertiges Grundfutter zu rücken. Die Anforderungen an die Grobfutterqualität sind heute weitaus umfassender und strikter definiert als vor 10 und mehr Jahren. So werden die Anforderungen an ein Grobfuttermittel für das Rind nach folgenden Kriterien definiert (Autorenkollektiv, 2006):

- Energiegehalt
- Proteinwert (Rohprotein)
 - Nutzbares Protein am Dünndarm (nXP)
 - Ruminale Stickstoff-Bilanz (RNB)
- Strukturwirkung
 - Rohfaser oder NDF_{org}
 - Häcksellänge, Vermahlung
 - Strukturwert nach DeBrabander u.a. (1999) bzw. Strukturwirksamkeit der Rohfaser nach Hoffmann und Piatkowski (1990)
- Kohlenhydratgehalte
 - Zucker, Stärke, beständige Stärke
- Mineral- und Wirkstoffgehalte
 - Mengenelemente, DCAB, Spurenelemente, Vitamine
- Gärqualität
 - pH-Wert, Gärsäuren, NH_3 -N
- Hygienische Beschaffenheit
 - Rohasche- bzw. Sandgehalt; Clostridiensporengehalt, Schimmelpilze, Hefen
- Aerobe Stabilität

An den Energiegehalt des Grobfutters werden sehr hohe Anforderungen gestellt. Wegen der Begrenztheit des Futterraufnahmevermögens von hochleistenden Kühen gerade in den Wochen nach der Kalbung muss das Grobfutter zwei sich eigentlich widersprechenden Anforderungen genügen: sehr hoher Energiegehalt bei hoher Strukturwirksamkeit. Diese Eigenschaften können bei betriebswirtschaftlich relevanten Erträgen nur auf Ertrag, Durchhaltevermögen und Verdaulichkeit gezüchtete modernere Sorten erfüllen. Gerade die ständige züchterische Bearbeitung aber verändert die bekannten korrelativen Beziehungen zwischen den Nährstoffgehalten und deren Verdaulichkeit, so dass Schätzgleichungen zur kostengünstigen und routinemäßigen Ermittlung der Verdaulichkeit und des Energiegehaltes des betrieblichen Grobfutters regelmäßig angepasst werden müssen an die im Tier in vivo ermittelte Referenz-Verdaulichkeit. Damit solche Schätzmethoden möglichst langlebig und robust gegenüber den unter verschiedensten Bedingungen und für die verschiedensten Produktionsziele angebauten, gewachsenen, geernteten und konservierten Grünlandbeständen, d. h. Futtermitteln mit den unterschied-

lichsten Nährstoffgehalten und Eigenschaften sind, müssen auch die Referenzversuche ein breites Spektrum an Eigenschaften der Futtermittel abdecken. Dies geschieht meist durch die Verschiedenartigkeit der Einzelthemen, für die Verdauungsversuche am Tier durchgeführt werden wie Sortenvergleiche, Extensivierungs- wie auch Intensivierungsversuche, Untersuchungen zur Nutzungsfrequenz, Düngungsstufen, standortangepasste Sortengemische sowie auch Mischungen mit Grobfutterleguminosen. Die jüngste Überarbeitung von Schätzgleichungen für die Ermittlung des Energiegehaltes von Grobfuttermitteln wurde 2008 abgeschlossen (AfB, 2008). Sie umfasste sämtliche silierten Maisernteprodukte und nicht silierten Silomais sowie alle Grasernteprodukte (Frischgras, Heu und Silagen), wobei letztere auch die Grasgemische mit Kleearten und Luzerne abdecken sollen.

Die Ableitung der neuen Schätzgleichung erfolgte erstmals für den deutschsprachigen Raum ausschließlich unter Einbeziehung von in vitro-Parametern für die Verdaulichkeit der organischen Substanz (ELOS, Gasbildung). Dies wurde als notwendig erachtet, weil die verwendeten in vitro-Parameter schon bei AfB (1998) eine deutlich höhere Genauigkeit bei der Vorhersage des Energiegehaltes versprachen als bei ausschließlicher Verwendung von Rohnährstoffgehalten. Zusätzlich wurde der Parameter Rohfaser aus der Weender Futtermittelanalyse von HENNEBERG UND STOHMANN (1860) als Kennzahl für den faserhaltigen Zellwandanteil im Grobfutter durch die Parameter ADF_{org} und NDF_{org} der erweiterten Kohlenhydratanalyse nach VANSOEST (1963) ersetzt. Durch die ausschließliche Verwendung der in vitro-Parameter für die Verdaulichkeit der organischen Substanz wurde von den Bearbeitern der Schätzgleichung (AfB 2008) die Differenzierung der Grasprodukte nach Konservierungsform und Aufwuchsnummer als nicht mehr notwendig angesehen, so dass statt der vorher 12 jetzt nur noch zwei konkurrierende Schätzgleichungen angeboten wurden. Insgesamt bieten die neuen Schätzgleichungen für Gras- wie auch für Maisernteprodukte eine deutliche Verbesserung der Vorhersage des Energiegehaltes der am häufigsten genutzten Grobfutter (LOSAND U. A. 2007; PRIES U. A. 2007). Dies führte zu einem verringerten Schätzfehler bei deutlich besserer Differenzierung der Grobfutterarten.

Ein Teil der diesen neuen Ableitungen zugrunde liegenden Referenzversuche am Hammel wurde am Institut für Tierproduktion Dummerstorf durchgeführt. Im Einzelnen waren das 113 (von 506 insgesamt) Versuche mit Grasprodukten bzw. mit Gras-Leguminosen-Gemischen (76 Silagen, 7 Frischgras, 30 Heu) sowie 32 Versuche (von 432 insgesamt) mit silierten Maisprodukten (Maisganzpflanze, Feuchtmals). Einige häufig genutzte Grobfuttermittelarten werden mit den abgeleiteten Schätzgleichungen nicht abgedeckt. Das betrifft reine Luzerneprodukte sowie Ganzpflanzensilagen aus Getreide. Für letztere existiert eine überarbeitungswürdige Schätzgleichung vom AfB (1998) auf der Basis des Gehaltes an XA, XF sowie XP.

Hinsichtlich der energetischen Beurteilung von frischem Grünfutter mit Hilfe einer Gleichung für alle Grasernteprodukte ist der einbezogene Datenpool aus statistischer Sicht nachbesserungswürdig, da die Anzahl der einbezogenen Referenzversuche mit Frischgras relativ gering (61 von 506 Versuchen) und an nur drei mit Schwerpunkt auf einem der zehn einbezogenen Untersuchungsstandorte mit tendenzieller Ausrichtung auf Extensivgrasaufwüchse geprüft wurden.

Trotz der deutlichen Verbesserung der Schätzgenauigkeit mit AfB (2008) gegenüber AfB (1998) scheint bei Möglichkeit der Einbeziehung weiterer Verdauungsversuche eine regelmäßige Überarbeitung der Schätzmethode angezeigt.

Im Institut für Tierproduktion sind seit Schließung des Datenpools für die Ableitung der Schätzgleichungen (AfB, 2008) weitere 40 Verdauungsversuche mit Grasernteprodukten, sowie 19 Versuche mit reinen Luzerneaufwüchsen durchgeführt worden. Zusammen mit den Ergebnissen der bereits in die Schätzung einbezogenen Referenzversuche sollen folgende Fragen geprüft werden:

- Vorhersagegüte der Gleichung nach AfB (2008) für das Gesamtmaterial Verdauungsversuche Dummerstorf bis einschließlich 2008
- Vorhersagegüte für einzelne Kategorien Grasprodukte (Aufwuchsnummer, Konservierungsart, Neuansaat und Sortengemische sowie Altnarbenbestände, reine Gräser vs. Gras-Leguminosengemische, junge vs. späte Aufwüchse)

- Bei ausreichender Differenziertheit des Datenmaterials, ob die Ableitung einer eigenen Schätzgleichung mit den gleichen wie auch weiteren einbezogenen Parametern zu grundsätzlich gleichen oder anderen Ergebnissen führt als nach AfB (2008).
- Gegebenenfalls Ableitung einer eigenen Schätzgleichung für Luzerne bzw. für Luzerne- und Leguminosen-Gras-Gemische.

Beschreibung des Datenmaterials

In die Auswertung wurden 135 Verdauungsversuche mit Gras- und Gras-Leguminosen-Gemischen ab 1998 aus Fragestellungen des konventionellen und ökologischen Futterbaus einbezogen. Die statistische Bearbeitung erfolgte anhand der 704 Einzeltierwerte. Diese können wie folgt charakterisiert werden:

704 Tiereinzelwerte

davon	27	ohne Analyse der Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) nach NEHRING und FRIEDEL (1985 a,b) oder DEBOEVER (1986)
	239	mit ELOS nach Friedel (bis 2002)
	438	mit ELOS nach DeBoever (ab 2002)
	dav.	45 mit Frischgras
		371 mit Silagen
		22 mit Heu
	dav.	231 1. Aufwuchs
		113 2. Aufwuchs
		70 3. Aufwuchs
		6 4. Aufwuchs
		12 5. Aufwuchs
		6 ohne Angabe
	dav.	343 reine Grasaufwüchse
		95 Gras-Leguminosen-Gemisch
	dav.	39 Altnarbenaufwüchse
		59 Gemische aus Acker- und Wiesengras
		236 Neuansaat
		104 ohne Angabe

In die erweiterte Auswertung wurden zusätzlich und separat die Daten aus 19 Verdauungsversuchen mit frischer, angewelkter bzw. siliierter Luzerne einbezogen. Die dazu gehörigen Datensätze sind wie folgt beschrieben:

111 Tiereinzelwerte

davon	6	ohne NDF _{org} bzw. ADF _{org} -Werte im Futter
davon	111	mit ELOS nach DeBoever
	dav.	47 mit frischer/angewelkter Luzerne
		64 mit Silagen
	dav.	12 1. Aufwuchs
		48 2. Aufwuchs
		34 3. Aufwuchs
		17 4. Aufwuchs

Nach SCHIEMANN (1981) und AfB (1991) soll die Prüfung der Verdaulichkeit von Futtermitteln bei einer Gesamtversorgung der Prüftiere leicht über dem Erhaltungsbedarf liegen (1,0 – 1,5-faches des Erhaltungsbedarfes). Zur Vereinfachung der Handhabung dieser Forderung wird eine Versorgung in Höhe von 13 ± 2 g TS/kg LM bei einem mittleren Rohaschegehalt von 100 g/kg TS) angegeben. Das Ernährungsniveau (g Trockenmasse/kg Lebendmasse der Hammel) bei der Verdaulichkeitsprüfung der Grasprodukte betrug im Mittel 14,0 g (11,2 ... 18,2). Daraus ergibt sich, dass bei Abweichung über den oberen Richtwert diese Überschreitung bei der statistischen Verrechnung berücksichtigt werden muss.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Variabilität der geprüften Materialien.

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung, ELOS, Verdaulichkeit der organischen Substanz_{in vivo} sowie der aus den verdaulichen Nährstoffen (GfE 1995) berechnete Gehalt an umsetzbarer Energie in Gras- und Gras-/Leguminosen-Gemischen

Variable		N	Mittelwert	Min	Max	s
TS	g/kg	135	393,3	161	860	151,5
XA	g/kg TS	135	96,5	47,3	202,4	25,4
XP	g/kg TS	135	166,5	93,6	229	30,2
XL	g/kg TS	135	31,2	10,9	45,5	6,7
XF	g/kg TS	135	246,7	178	311	32,6
XX	g/kg TS	135	459,1	338,9	553,7	36,7
OR	g/kg TS	135	625,6	495,4	702,7	36,6
ADF _{org}	g/kg TS	135	297,4	213	421,8	45,7
NDF _{org}	g/kg TS	135	454,8	306,4	684,5	70,7
NFC	g/kg TS	135	251	114	412,4	56,6
Zucker	g/kg TS	135	55,3	0	221,6	45,4
ELOS Friedel	g/kg TS	52	814	632	909	76,6
ELOS DeBoever	g/kg TS	78	665	415	809	70,8
VOS _{in vivo}	%	704	74,0	40,0	82,0	7,27
ME	MJ/kg TS	704	10,29	6,0	11,8	0,98
NEL	MJ/kg TS	704	6,18	3,24	7,28	0,69

Die Variation der einzelnen Parameter ist annähernd der Größenordnung in AfB (2008) und erscheint ausreichend für eine biostatistische Verallgemeinerung von sachlichen Zusammenhängen und die Ableitung unabhängiger Schätzgleichungen für Energiegehalte und Verdaulichkeit der organischen Substanz.

Tabelle 2 gibt zusätzlich die Variabilität der in die Verdaulichkeitsprüfung einbezogenen Materialien aus reinen Luzerneaufwüchsen wieder.

Die Spannweite der einbezogenen Einzelwerte für jeden Parameter ist nicht ganz so ausgeprägt wie bei den Grasprodukten (Tabelle 1). Bei XP und den Faserparametern übersteigt der Maximalwert den bei den Grasprodukten gefundenen Wertebereich.

Tabelle 2: Chemische Zusammensetzung, ELOS, Verdaulichkeit der organischen Substanz_{in vivo} sowie der aus den verdaulichen Nährstoffen (GfE 1995) berechnete Gehalt an umsetzbarer Energie in Luzerneaufwüchsen

Variable		N	Mittelwert	Min	Max	s
TS	g/kg	19	311	157	482	109
XA	g/kg TS	19	122	85,5	181	25
XP	g/kg TS	19	199	152	268	28
XL	g/kg TS	19	29	21,5	37,4	3,3
XF	g/kg TS	19	244	176	349	39
XX	g/kg TS	19	405	328	486	42
OR	g/kg TS	19	604	544	673	31
ADF _{org}	g/kg TS	18	298	208	409	47
NDF _{org}	g/kg TS	18	378	244	476	63
NFC	g/kg TS	18	269	181	386	54
Zucker	g/kg TS	19	24,5	3,9	99	23
ELOS DeBoever	g/kg TS	19	623	543	741	49
VOS _{in vivo}	%	104	68,9	57,1	82,1	5,8
ME	MJ/kg TS	104	9,47	8,13	11,34	0,7
NEL	MJ/kg TS	104	5,59	4,64	6,97	0,5

Vergleich der ermittelten Energiegehalte mit den aktuellen Schätzgleichungen (AfB, 2008)

In den Vergleich mit den aktuellen Schätzgleichungen (AfB, 2008) gehen nur die Ergebnisse der ab 2002 durchgeführten Verdauungsversuche ein, da der neuen Schätzgleichung unter Verwendung des Parameters ELOS die Verwendung der Methode nach DEBOEVER U. A. (1986) zugrunde liegt. Für die Verwendung des Parameters ELOS wurde vom AfB (2008) folgende Schätzgleichung empfohlen:

$$\begin{aligned}
 1) \text{ ME (MJ/kg TS)} &= 5,51 \\
 &+ 0,00828 \cdot \text{ELOS} \\
 &- 0,00511 \cdot \text{XA} \\
 &+ 0,02507 \cdot \text{XL} \\
 &- 0,00392 \cdot \text{ADF}; \\
 B &= 0,82 \quad s_R = 0,50 \text{ MJ/kg TS} \quad s \% = 5,2
 \end{aligned}$$

Ein Vergleich mit der ebenfalls vorgeschlagenen Gleichung unter Verwendung der Gasbildung nach dem Hohenheimer Futtertest ist hier nicht möglich, da dieser Parameter für die vorliegenden Materialien nicht erhoben wurde. Tabelle 3 gibt den Vergleich der in vivo-Ergebnisse mit der ME-Schätzung (ELOS) nach AfB (2008) nach verschiedenen Klassifizierungen wieder.

Im Mittel werden die Ergebnisse der Verdauungsversuche um 0,16 MJ ME/kg TS bei Anwendung der Gleichung 1) unterschätzt bei einer Reststreuung von 0,46 MJ ME und einem Bestimmtheitsmaß von 0,695.

Tabelle 3: Vergleich der geschätzten (nach AfB 2008) und der im Verdauungsversuch ermittelten Energiegehalte von unterschiedlich klassifizierten Grasernteprodukten

Klassifizierung	Klassenbeschreibung		n	ME AfB 2008		ME in vivo		Differenz	
	von	bis		von	bis	Von	Bis	von	bis
Gesamt			438	10,14		10,29		-0,16	
				7,44	11,82	5,97	11,80	-1,22	1,55
Ernährungsniveau (g TS/kg LM)	≤13		146	9,92		10,17		-0,24	
	10,2	13,0		7,44	11,82	5,97	11,68	-1,22	1,55
	>13 – 15		246	10,2		10,36		-0,16	
				7,44	11,82	7,46	11,80	-1,22	0,89
	>15		46	10,51		10,36		+0,15	
15,0	18,2	7,99		11,50	7,65	11,50	-1,06	0,82	
Konservierung	Frischgras (1)		45	10,78		10,50		+0,27	
				9,76	11,82	9,18	11,77	-0,19	0,74
	Silage (2)		371	10,14		10,38		-0,24	
				7,44	11,50	7,41	11,80	-1,22	0,89
	Heu (3)		22	8,81		8,45		+0,35	
		7,51		9,66	5,97	9,46	-0,34	1,55	
Aufwuchsnummer	1		231	10,29		10,64		-0,35	
				7,52	11,82	5,97	11,80	-1,22	1,55
	2		113	9,84		9,88		-0,04	
				7,44	10,84	7,41	11,21	-1,02	0,83
	>2		88	10,08		9,93		+0,15	
		7,84		10,90	8,00	10,71	-0,88	0,89	
Reinheit	Reine Grasaufwüchse (1)		343	10,27		10,43		-0,16	
				7,52	11,82	5,97	11,80	-1,22	1,55
	Gras-/Leguminosengemenge (2)		95	9,67		9,80		-0,13	
			7,44	11,06	7,41	11,53	-1,02	0,83	
Bestand	Altnarbe (1)		39	9,59		9,69		-0,10	
				7,84	10,59	8,00	11,05	-0,88	0,66
	Neuansaat (3)		236	10,17		10,45		-0,27	
		7,44		11,82	7,41	11,77	-1,22	0,89	

Es besteht scheinbar eine Abhängigkeit dieser gerichteten Abweichung vom Ernährungsniveau (g TS/kg Lebendmasse des Hammels) während der Verdaulichkeitsprüfung. Bei sehr hohem Versorgungsgrad der Hammel ist der in vivo ermittelte Energiegehalt eher niedriger als der über AfB (2008) geschätzte Wert. Dies entspricht der Erwartung, dass bei steigendem Ernährungsniveau die Verdaulichkeit und damit auch der nutzbare Energiegehalt des Futters zurückgehen. Das bedeutet, dass für die weitere statistische Bearbeitung die jeweils für das Versuchstier geltende TS-Versorgung als Kovariable berücksichtigt werden muss.

In den vorliegenden Untersuchungen zur Verdaulichkeit verschiedener Frischgraschargen wurde (bei Berücksichtigung des generellen Bias von -0,16) der in vivo ermittelte Energiegehalt durch die Anwendung der Schätzgleichung 1) um etwa 0,4 MJ ME/kg TS überschätzt. Noch etwas höher fiel die Überschätzung der geprüften Heuchargen aus. Dagegen wurde der in vivo ermittelte Energiegehalt der Grassilagen durch die Schätzgleichung leicht unterschätzt bis korrekt wiedergespiegelt. Dies widerspricht der mit der Herausgabe der Schätzgleichung verfolgten These, dass durch die Einbeziehung eines in vitro-Parameters für die Verdaulichkeit der organischen Substanz eine allgemeine Schätzgleichung unabhängig vom Konservierungsgrad in Anwendung gebracht werden kann.

Ebenso kritisch ist die Allgemeingültigkeit der Gleichung 1) für die Aufwuchs- oder Schnittnummer zu sehen. Auch hier gilt, dass durch die Einbeziehung der in vitro-Verdaulichkeit die morphologischen Besonderheiten der verschiedenen Aufwüchse im Jahr offenbar nicht ausreichend berücksichtigt werden. Während in den Untersuchungen von Grasernteprodukten des ersten Aufwuchses der in vivo ermittelte Energiegehalt im Mittel etwa 0,2 MJ ME/kg TS unterschätzt wird, scheint bei späteren Aufwüchsen der Energiegehalt zunehmend überschätzt zu werden.

Eine getrennte Auswertung reiner Gras- bzw. Grünlandaufwüchse und von Gras-Leguminosengemenge zeigte keine gerichtete Abweichung bei Anwendung der Schätzgleichung 1). Auch war die Vorhersagegüte des Energiegehaltes von Altnarben- im Vergleich zu Neuansaatn nicht sehr unterschiedlich, so dass aus dieser Sicht die Schätzgleichung 1) als repräsentativ angesehen werden kann.

Ableitung von Schätzgleichungen aus dem vorhandenen Datenmaterial

Da für das ausgewertete Material gerichtete Abweichungen der Vorhersage des Energiegehaltes nach Gleichung 1) vom in vivo ermittelten Wert existieren, wurden mit Hilfe der Varianzanalyse eine neue Ableitung mit den in Gleichung 1) verwendeten Parametern [Gleichung 2]) durchgeführt und anschließend die signifikanten Einflussfaktoren auf die Vorhersage des Energiegehaltes von Grasernteprodukten einschließlich der Gras-Leguminosengemenge ermittelt [Gleichung 2]).

$$\begin{array}{rcll}
 2) \text{ ME (MJ/kg TS)} & = & 1,46 & \\
 & + & 0,0114 & * \text{ ELOS} \\
 & + & 0,023 & * \text{ XL} \\
 & + & 0,00282 & * \text{ ADF} \\
 & - & 0,00318 & * \text{ XA} \\
 B=0,77; & s \% = 4,58; & s_R = 0,47; & n = 437
 \end{array}$$

Werden nur die sich in Gleichung 1) als signifikant erwiesenen Parameter auf das vorliegende Datenmaterial angewendet [Gleichung 2]), dann sinkt die Güte der Vorhersage. Erstaunlich ist die in dieser Parameterkombination positive Korrelation der ADF_{org} auf den Energiegehalt.

3) ME (MJ/kg TS)	=	5,28	
	+	0,0115	* ELOS
	-	0,1	* g TS/kg Lebendmasse _{Hammel}
	-	0,165	* Aufwuchsnummer
	+	0,0194	* XL
	-	0,00248	* Rohzucker
	-	0,226	* Reinheitsklasse
	-	0,00341	* XP
	-	0,00129	* NDF _{org}
B=0,84;	s %=3,93;	s _R =0,40;	n=413

Gleichung 3) widerspiegelt die oben gemachte Feststellung, dass die nicht gewollte Variabilität des Ernährungsniveaus der Versuchstiere einen signifikanten negativen Einfluss auf die Ermittlung der Verdaulichkeit hat. Der Einfluss einer zunehmenden Aufwuchsnummer auf den Energiegehalt der Grasernteprodukte einschließlich der Gras-Leguminosen-Gemenge ist offensichtlich auch bei Einbeziehung aller anderen relevanten Einflussgrößen signifikant und negativ. Aus der Varianzanalyse ergibt sich, dass, anders als bei der Mittelwertbildung, Gras-Leguminosen-Gemenge im Mittel einen 0,26 MJ ME niedrigeren Energiegehalt aufweisen als reine Grasaufwüchse. Der ADF-Gehalt bleibt bei dieser Auswertung deutlich hinter dem negativen Einfluss der NDF zurück und ist nicht mehr signifikant. Dafür tritt ELOS als Einflussgröße mit einem Regressionskoeffizienten von 0,0114 deutlicher hervor als in der *Gleichung 1)* (AfB, 2008).

Werden nur die Grasernteprodukte einschließlich der Gras-Leguminosen-Gemenge in die Auswertung einbezogen, die eindeutig in Altnarben-, Neuansaat- und Mischbestandsaufwüchse zu klassifizieren sind, gehen zwar weniger Datensätze in die Auswertung, die Vorhersagegüte erhöht sich aber beträchtlich [*Gleichung 4)*].

4) ME (MJ/kg TS)	=	6,69	
	+	0,00836	* ELOS
	-	0,274	* Aufwuchsnummer
	-	0,492	* Reinheitsklasse
	+	0,0256	* XL
	-	0,000353	* NDF _{org}
	+	0,175	* Bestandsklasse
	+	0,273	* Konservierungsklasse
	-	0,0723	* g TS/kg Lebendmasse _{Hammel}
	-	0,00456	* XA
	+	0,00157	* ADF _{org}
B=0,861;	s %=3,39;	s _R =0,352;	n=333

Neben den chemisch-analytischen Kennzahlen ist die Vorhersagegüte abhängig von der Angabe der Aufwuchsnummer (negativ), der Angabe der Reinheitsklasse (reine Gras- oder Gras-Leguminosen-Aufwüchse) sowie der Feststellung, ob Altnarben-, Neuansaat- (inkl. Ackerfutter) bzw. ob ein Gemisch von beiden vorliegt. Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, ist die Kenntnis der Konservierungsart (frisch, Heu, siliert) hier notwendig, um den Energiegehalt korrekt vorher sagen zu können. Der positive Einfluss der Konservierungsart ergibt sich wahrscheinlich durch die schon in Tabelle 2 festgestellte höhere Verdaulichkeit der Silagen bei ansonsten gleichen Bedingungen gegenüber Frischgras und Heu. Aus der Notwendigkeit der Kenntnis der nicht chemisch analysierbaren Eingangsgrößen folgt, dass selbst mit Einbeziehung des in vitro-Parameters ELOS offensichtlich nicht alle entscheidenden chemisch analysierbaren Parameter zur Verfügung stehen, die die unterschiedlichen, die Verdaulichkeit beeinflussenden, morphologischen Besonderheiten der Grasbestände widerspiegeln können.

Zwar ergab sich bei der Validierung der Gleichung 1) mit dem Dummerstorfer Datenmaterial kein nennenswerter Unterschied zwischen reinen Gras- oder Wiesenbeständen und Gras-Leguminosen-Gemengen (Tabelle 2), dennoch zeigen sowohl Gleichung 3) als auch 4) einen signifikant negativen Regressionskoeffizienten für die „Reinheit“ in Höhe von -0,226 bzw. -0,492 an. Das bedeutet, dass bei sonst gleichen Inhaltsstoffen und Bedingungen die Gemische

(Klasse 2) gegenüber reinen Grasbeständen (Klasse 1) um 0,23 bis 0,44 MJ ME/kg TS abgewertet würden. Das rechtfertigt die Prüfung eigener Regressionsansätze für reine Grasbestände [Gleichung 5] bzw. Gras-Leguminosen-Gemische [Gleichung 6]).

5) ME (MJ/kg TS)	=	3,66	
	+	0,0121	* ELOS
	-	0,00723	* XP
	-	0,00283	* Zucker
	-	0,00233	* NDF _{org}
	-	0,105	* Aufwuchsnummer
	+	0,00251	* ADF _{org}
	+	0,0160	* XL
B=0,831;	s %=3,54;	s _R =0,37;	n=318

Der dominante Einfluss des Parameters ELOS bleibt, wogegen die Angabe der Aufwuchsnummer bei reinen Grasbeständen zwar noch notwendig ist, aber nicht mehr eine so starke Abwertung des Energiegehaltes bewirkt wie in den Gleichungen 2) und 4). Beachtenswert ist die aus statistischer Sicht berechnete Einbeziehung beider Faserkennzahlen (ADF_{org} und NDF_{org}), beide mit entgegen gesetzter Wirkung.

6) ME (MJ/kg TS)	=	5,00	
	+	0,00747	* ELOS
	+	0,0534	* XL
	-	0,00697	* ADF _{org}
	+	0,3364	* Konservierungsklasse
	-	0,00594	* XA
	-	0,135	* Aufwuchsnummer
	+	0,00234	* NDF _{org}
B=0,805;	s %=4,54;	s _R =0,438;	n=199

Werden die Gras-Leguminosen-Gemische zusammen mit den reinen Luzerneaufwüchsen ausgewertet [Gleichung 6]), ergibt sich wiederum ein dominanter Einfluss des Parameters ELOS, allerdings mit etwas geringeren Auswirkungen im Vergleich zu den reinen Grasaufwüchsen. Auch hier zeigt sich ein scheinbar positiver Effekt der Silierung auf den Energiegehalt. Auch bei dieser Auswertung sind aus statistischer Sicht beide Faserkennzahlen berechnete in die Schätzung aufgenommen worden, wiederum mit entgegen gesetzter Wirkung, jedoch NDF_{org} positiv und ADF_{org} mit negativen Vorzeichen.

Bei ausschließlicher Auswertung der Versuche mit frischer, angewelkter und silierter Luzerne [Gleichung 7]) geht die Bedeutung von ELOS deutlich zurück und ist aus statistischer Sicht der am geringsten abgesicherte Parameter. Dies wird zudem durch den negativen Regressionskoeffizienten für ELOS bestätigt. Dafür treten die Faserkennzahlen deutlicher in den Vordergrund, wiederum mit entgegen gesetztem Vorzeichen, in gleicher Weise wie in Gleichung 6). Erklärung für den deutlichen Rückgang der Bedeutung von ELOS und der Zunahme des Zusammenhangs zwischen den Faserkennzahlen und dem Energiegehalt ist sicher auch in der Tatsache zu suchen, dass in den untersuchten Materialien der Luzerne die Korrelation zwischen ELOS und ADF (r=-0,57) bzw. NDF (r=-0,51) deutlich höher ist als bei den untersuchten Materialien der Gras- und Gras/Leguminosenaufwüchse (r=-0,51 bzw. r=-0,41).

7) ME (MJ/kg TS)	=	17,38		
	+	0,0194		* XP
	-	0,0203		* ADF _{org}
	-	0,0231		* XA
	-	0,560		* Aufwuchsnummer
	+	0,00798		* NDF _{org}
	+	1,157		* Konservierungsklasse
	-	0,05375		* XL
	+	0,0130		* Zucker
	-	0,00648		* ELOS
	-	0,0691		* g TS/kg Lebendmasse _{Hammel}
B=0,877;		s %=2,827;	s _R =0,269;	n=104

Wird auf die Verwendung der beschreibenden Merkmale Aufwuchsnummer, Konservierungsart und Ernährungsniveau verzichtet, reduziert sich auch die Anzahl der signifikant Einfluss nehmenden chemisch/analytischen Parameter. ELOS wird zur bestimmend beschreibenden Kennzahl des Energiegehaltes [Gleichung 8)]. Jedoch verschlechtern sich gegenüber Gleichung 7) das Bestimmtheitsmaß und die Reststreuung deutlich.

8) ME (MJ/kg TS)	=	4,759		
	+	0,00902		* ELOS
	+	0,00657		* NDF _{org}
	-	0,0109		* ADF _{org}
	-	0,00478		* Zucker
B=0,666;		s %=4,51;	s _R =0,43;	n=104

Diskussion der abgeleiteten Schätzgleichungen

Wie in Tabelle 3 dargestellt, gibt es in Bezug auf das hiermit ausgewertete Datenmaterial des IfT bei Anwendung der Schätzgleichung 1) gerichtete Abweichungen, wenn das Datenmaterial nach Ernährungsniveaustufen, nach der Konservierungsart und nach Aufwuchsnummer klassifiziert wird. Daher schien es notwendig, neben den verfügbaren chemisch/analytischen Kennzahlen zunächst diese Merkmale als Variablen mit in die Ableitung von Schätzgleichungen einzubeziehen. Damit wird in etwa die Größenordnung sichtbar, in der der Energiegehalt bei gegebenen chemisch/analytischen Kennzahlen durch die Klassifizierungsmerkmale beeinflusst wird. Zum anderen wird deutlich, dass die Suche nach weiteren, die morphologischen Eigenschaften von Pflanzenmaterial beschreibenden chemischen Analysen weitergehen muss. Möglicherweise kann dies durch die Einbeziehung des Ligningehaltes geschehen.

Durch die Einbeziehung der Klassifizierungsmerkmale Ernährungsniveau, Reinheit des Bestandes (reine Grasbestände oder Gras-Leguminosen-Gemische), Konservierungsart sowie der Bestandsbeschreibung (Altnarbe, Neuansaat bzw. Gemische) und Aufwuchsnummer in die statistische Auswertung konnten das Bestimmtheitsmaß und die Güte der Vorhersage (s_R) des Energiegehaltes im Mittel des gesamten Datenmaterials verbessert werden [Gleichung 3) vs. 2) in Zeile 1, Tabelle 4]. Der generelle Bias von -0,17 für das im Institut geprüfte Material wird dadurch nicht berührt. Er besagt, dass im Mittel aller durchgeführten Verdauungsversuche mit reinen Grasaufwüchsen sowie Gras-Leguminosen-Gemengen der in vivo ermittelte Energiegehalt durch die Gleichung 1) um 0,17 MJ ME/kg TS unterschätzt wird. Diese Unterschätzung durch Gleichung 1) findet sich in gleicher Größenordnung auch wieder bei getrennter Auswertung der reinen Grasbestände und der Gemenge. Das bedeutet, dass die allgemeingültige Gleichung 1) ohne Abstriche an Genauigkeit auch bei reinen Grasaufwüchsen sowie Gras-Leguminosen-Gemengen eingesetzt werden kann (Zeilen 2,3). Die Anwendung eigener Schätzgleichungen für ausschließlich reine Grasaufwüchse (Grünland und Feldgras) und Gras-Leguminosen-Gemengen brachte keinen deutlichen Zuwachs an Vorhersagegenauigkeit [Gleichung 5) vs. Gleichung 3), Zeile 2 bzw. Gleichung 6) vs. Gleichung 3), Zeile 3].

Reine Luzerneaufwüchse waren nicht in die Ableitung der Schätzgleichungen 1), 2) und 3) einbezogen. Die Ableitung eigener Schätzgleichungen für Luzerne [Gleichungen 7) und 8)] brachte nur dann befriedigende Ergebnisse, wenn auf die Angabe der Aufwuchsnummer und der Konservierungsart verzichtet wird [Gleichung 8), Zeile 4]. Insgesamt scheint aber die Ableitung einer eigenen Schätzgleichung noch mit zu großen Unsicherheiten behaftet, wie die Widersprüchlichkeit zwischen der Vorhersagegenauigkeit nach Gleichung 7) vs. Gleichung 8) in Tabelle 4, Zeile 4 im Vergleich zu Abschnitt d) zeigt, wonach das Bestimmtheitsmaß der Gleichung 7) deutlich über das von Gleichung 8) hinaus geht. Zur Ableitung einer eigenen Schätzgleichung für Luzerne sollten weitere, in den einzubeziehenden Parametern noch deutlicher variierende Materialien geprüft werden. Die Ableitung einer gemeinsamen Schätzgleichung von Gras-Leguminosen-Gemengen und der Luzerneaufwüchse (Gleichung 6) führte in Bezug auf die Nutzung für Luzerneaufwüchse zu einer ungenügenden Genauigkeit und einer tendenziellen Überschätzung der Luzerne um 0,22 MJ ME/kg TS. Sie ist auch deshalb nicht gerechtfertigt, da Gleichung 2) zu einer ebenso großen Überschätzung bei allerdings geringfügig höherer Vorhersagegenauigkeit führt.

Wie Tabelle 3 zeigt, werden auch bei Anwendung der neuen Schätzgleichung nach AfB (2008) Neuansaat (speziell auch Weidelgrasansaat) tendenziell leicht unterschätzt und Altnarben korrekt bewertet bis leicht überschätzt. Dies zeigt sich in gleicher Größenordnung auch bei Ableitung einer eigenen Schätzgleichung [Gleichung 2), Zeilen 5-7] unter Verwendung der identischen Parameter, jedoch um etwa den Bias der Gleichung 1) von -0,16 verschoben. Die Einbeziehung der Klassifizierung nach Konservierung, Reinheit des Bestandes, Aufwuchsnummer sowie der Angabe, ob Neuansaat oder Altnarbe, beseitigt diesen Mangel nicht, wenn auch die Vorhersagegenauigkeit besser wird.

Dagegen führt die Einbeziehung dieser beschreibenden Merkmalsklassen zu einer deutlicheren Minderung des Bias für Grassilagen, Heu und Frischgras [Gleichung 3) vs. 2), Zeilen 8-10]. Gleiches gilt für die differenzierte Betrachtung des 1. und der Folgeaufwüchse [Gleichung 3) vs. 2), Zeilen 11,12].

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für die Bewertung von Gras-, Gras/Leguminosen- und Luzerneaufwüchsen

- Die Anwendung der von der GfE (AfB, 2008) empfohlenen Schätzgleichung zur Ermittlung des Energiegehaltes von Grasernteprodukten einschließlich von Gras-Leguminosen-Gemengen auf das in Dummerstorf geprüfte Material führt zu einer generellen Unterschätzung der in vivo ermittelten Werte um 0,16 MJ ME/kg TS.
- Es gibt keine Unterschiede in der Güte der Bewertung speziell von reinen Grasaufwüchsen oder Gras-Leguminosen-Gemengen.
- Die Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit durch Einbeziehung der Aufwuchsnummer, der Bestandesreinheit, der Konservierungsart (oder Art des Ernteproduktes) zeigt, dass mit den genutzten chemisch/analytischen Parametern diesbezügliche morphologische Besonderheiten der Pflanzenbestände und der Konservierungsart nicht ausreichend beschrieben werden. Die Einbeziehung des Lignins ist zu prüfen. Die Auswertung der Dummerstorfer Versuche ergab gerichtete Abweichungen der mit einer allgemein geltenden Schätzgleichung ermittelten Energiegehalte vom Referenzversuch für die unterschiedlichen Aufwuchsnummern, die einzelnen Konservierungsarten sowie einzelner Bestandscharakteristika.
- Für die Schätzung von Luzerneaufwüchsen ist eine eigene Gleichung auf Basis von ELOS und/oder der Gasbildung zu entwickeln. Die Anwendung der Gleichungen für Grasernteprodukte überschätzt Luzerne um 0,2 bis 0,25 MJ ME/kg TS.
- Auf die Einhaltung eines Versorgungsniveaus von 13 ± 2 g TS/kg Lebendmasse im Verdauungsversuch ist zu achten, um Ungenauigkeiten der abzuleitenden Schätzgleichungen zu minimieren.

2 Bewertung siliierter Maisprodukte

Beschreibung des Datenmaterials

Im Rahmen verschiedener Aufgabenstellungen wurden im IfT Dummerstorf seit 1998 63 Verdauungsversuche mit Maisernteprodukten (Silomais frisch und siliert, Feuchtkornmais siliert, Körnermais getrocknet) durchgeführt. Diese werden gestützt durch insgesamt 312 Tiereinzelwerte für die Verdaulichkeit der Nährstoffe und den Energiegehalt. Diese sind wie folgt zu charakterisieren:

312 Tiereinzelwerte

davon	30	ohne ELOS (einschließlich aller Körnermaisversuche)
	118	mit ELOS nach Friedel (bis 2002)
	164	mit ELOS nach DeBoever (ab 2002)
	dav.	121 im Direktversuch
		43 im Differenzversuch mit Grassilage o. Heu (Prüffutteranteil 50 ... 90 %)

Der Prüfung von Maissilage im Differenzversuch mit Heu oder Grassilage (7 Versuche) liegt die Überlegung zugrunde, dass heutige sehr energie- und stärkereiche Maissilagen als Alleinfutter nicht mehr wiederkäuergerecht sind und somit deren Prüfung im Direktversuch mit Hammeln wegen subakuter bis akuter Verdauungsdepressionen zu fehlerhaften Verdaulichkeiten und Energiegehalten führen. Ausdruck dessen ist oft ein sehr hoher Variationskoeffizient der Verdaulichkeit der organischen Masse, insbesondere aber der Faserkennzahlen. Gleichzeitig ist die Verdaulichkeit der Faserkennzahlen teilweise deutlich <60 %. SCHIEMANN (1981) fordert, dass Verdaulichkeitsuntersuchungen am Hammel in den Grenzen der Verdaulichkeit der organischen Substanz von 55 ... 75 % durchzuführen sind. Das Mittel der geprüften Maissilagen bzw. Grünmaischargen hatte eine Verdaulichkeit der organischen Substanz genau an der Obergrenze des von SCHIEMANN (1981) angegebenen Bereiches.

Das heißt, dass etwa die Hälfte der ermittelten Werte durch Verdaulichkeitsdepressionen beeinflusst sein kann.

Das Ernährungsniveau (g Trockenmasse/kg Lebendmasse der Hammel) bei der Verdaulichkeitsprüfung der Maisprodukte betrug im Mittel 13,1 g (9,9 ... 15,9) und sprengt damit den von SCHIEMANN (1981) vorgegebenen Rahmen nach oben und unten um jeweils etwa 1 g.

Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die Variabilität der in die Auswertung einbezogenen Maisernte-
produkte.

Die Mittelwerte wie auch die Variabilität der Nährstoffgehalte entsprechen etwa dem Datenmaterial, welches der Ableitung der Energieschätzgleichung für Maisernte-
produkte (AfB, 2008) zugrunde liegt mit Ausnahme der Fasergehalte. Die Maximalwerte in AfB (2008) liegen wegen der Einbeziehung von kolbenlosen Restpflanzen deutlich höher. Die Spannbreite der einbezogenen ELOS-Werte (DeBoever) ist im vorliegenden Material eingeschränkt, weil ELOS nur für Erntematerial aus Maisganzpflanzen bestimmt wurde. In die Ableitung der Energieschätzgleichung für Maisernte-
produkte (AfB, 2008) sind auch Verdaulichkeitsuntersuchungen an Maisrestpflanzen und Maiskolbenprodukten eingegangen, wodurch der Geltungsbereich dieser Gleichung sehr weit ist und diese in Bezug auf die Anwendung bei stärkereichen und faserarmen Maissilagen sehr robust macht. Die sehr hohen Maximalwerte für die VOS und die Energiegehalte beruhen auf Tiereinzelwerten der Differenzversuche mit Körnermais. Diese gehen wegen der fehlenden ELOS-Werte nicht in die folgende Auswertung ein.

**Tabelle 5: Chemische Zusammensetzung, ELOS, Verdaulichkeit der organischen Substanz_{in vivo} sowie der aus den verdaulichen Nährstoffen (GfE 1995) berechnete Gehalt an umsetzbarer Energie in Maisernte-
produkten**

Variable		N	Mittelwert	Min	Max	S
TS	g/kg	63	357,2	225	877	125
XA	g/kg TS	63	40,5	15,9	65,0	9,2
XP	g/kg TS	63	84,0	55,0	112,0	13,7
XL	g/kg TS	63	30,0	15,2	56,0	6,9
XF	g/kg TS	63	174,4	22,0	242,2	42,4
XX	g/kg TS	63	671,1	579,0	853,0	48,4
OR	g/kg TS	63	755,1	675,0	915,6	46,0
ADF _{org}	g/kg TS	63	198,1	32,8	281,0	48,2
NDF _{org}	g/kg TS	63	391,6	120,3	510,1	78,9
NFC	g/kg TS	63	453,9	333,3	786,0	81,0
Zucker	g/kg TS	59	11,3	1,5	65,0	11,8
ELOS Friedel	g/kg TS	29	820,4	706,5	989,0	51,4
ELOS DeBoever	g/kg TS	29	735,5	671,0	823,5	43,9
VOS _{in vivo}	%	312	76,7			
ME	MJ/kg TS	312	11,27			
NEL	MJ/kg TS	312	6,89			

Mit den hier vorliegenden Ergebnissen sollen folgende Fragen geprüft werden:

- Wie werden mit der Schätzgleichung für Maisernte-
produkte (AfB, 2008) die vorliegenden *in vivo*-
Ergebnisse widerspiegelt (Gesamtmaterial)?
- Wie fällt der Vergleich der *in vivo*-Ergebnisse mit der Schätzung nach der Rohnährstoffgleichung (AfB, 1998) aus?
- Wie ist die Vorhersagegüte für Maissilagen unterschiedlicher Qualität?
- Vergleich des Energiegehaltes von Silagen der Maisganzpflanze, die im Direktversuch und im Differenzversuch geprüft wurden

Vergleich der ermittelten Energiegehalte mit der aktuellen Schätzgleichung Maisernte- produkte (AfB 2008)

Tabelle 6 gibt eine Gegenüberstellung der geschätzten und im Hammelversuch bestimmten Energiegehalte von nach ihrem Fasergehalt (NDF_{org}; Rohfaser) und nach ihrer Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS nach DeBoever) klassifizierten Maissilagen sowie von im Differenzversuch geprüften Maissilagen.

Tabelle 6: Nährstoff- sowie im Hammelversuch bestimmter und nach Schätzgleichungen berechneter Energiegehalt gruppierter Maissilagen

	XF	NDF_{org}	XS	ELOS_{DeBoever}	%VOS_{in vivo}	ME_{in vivo}	ME_{AfB 2008}	ME_{AfB 1998}
Gesamtmaterial (Direktversuche)	186,7	415,3	299,3	711,8	74,8	10,92	11,11	11,00
XF niedrig	166,7	389,0	360,1	728,9	74,8	11,02	11,36	11,32
XF mittel	191,7	444,8	318,1	699,7	74,9	10,94	10,90	10,96
XF hoch	227,5	408,5	92,3	698,3	74,2	10,63	11,00	10,28
NDF niedrig	163,1	367,9	367,9	731,0	74,2	10,96	11,44	11,38
NDF mittel	198,7	413,0	249,6	709,3	75,6	10,98	11,05	10,79
NDF hoch	196,4	474,4	304,3	687,7	73,7	10,74	10,75	10,88
ELOS niedrig	204,5	432,9	234,4	690,3	73,7	10,67	10,89	10,70
ELOS hoch	173,1	389,0	348,8	728,2	75,6	11,11	11,29	11,23
nur Differenzversuche	188,4	405,1	265,9	797,0	78,8	11,62	11,72	10,99

Für das Gesamtmaterial der am IfT geprüften Maissilagen ergibt sich bei Anwendung der neuen Schätzgleichung (AfB, 2008) eine Abweichung von +0,19 MJ ME/kg TS zum in vivo bestimmten Wert und bei Anwendung der Rohnährstoffgleichung von 1998 (AfB, 1998) eine Abweichung von + 0,08 MJ ME/kg TS. Es zeigt sich, dass mit der neuen Schätzgleichung auf Basis ELOS (AfB, 2008) die Schätzwerte auf Basis (AfB, 1998) weitestgehend bestätigt werden, insgesamt aber der in vivo ermittelte Wert scheinbar leicht überschätzt wird. Klassifiziert man die Maissilagen nach ihren Fasergehalten, so zeigt sich sowohl bei XF- als auch bei NDF-Klassifizierung eine sehr deutliche Überschätzung des in vivo ermittelten Energiegehaltes durch beide Schätzgleichungen bei niedrigen Fasergehalten. Bei mittleren und hohen Fasergehalten wird der in vivo ermittelte Energiegehalt dagegen etwa korrekt wieder gegeben mit Ausnahme der Klassifizierung nach hohen XF-Gehalten. Ursache für die scheinbare deutliche Energieüberschätzung bei niedrigen Fasergehalten in der Maissilage ist die Diskrepanz zwischen der in vitro ermittelten Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) und der am Hammel ermittelten VOS. Im Hammelversuch wurden die höchsten Verdaulichkeiten nicht bei niedrigen, sondern bei mittleren Fasergehalten ermittelt. Die Enzymlöslichkeit war bei den niedrigeren Fasergehalten am höchsten. Selbst unter Berücksichtigung des nicht sehr starken Zusammenhangs zwischen ELOS (DeBoever) und NDF_{org} (r=-0,73) im vorhandenen Material wäre hier auch eine höhere in vivo-Verdaulichkeit der organischen Substanz zu erwarten. Wahrscheinlicher liegt hier nicht eine Überschätzung des in vivo-Wertes durch die Schätzgleichung vor als vielmehr eine durch Verdaulichkeitsdepressionen beeinflusste Minderung des in vivo ermittelten Energiegehaltes gegenüber dem durch ELOS beschriebenen potentiellen Energiegehalt der Maissilagen mit geringen Faser- und hohen Stärkegehalten. Gestützt wird diese These durch die Ergebnisse der Verdaulichkeit und des Energiegehaltes jeweils ein und derselben Maissilage in fünf Vergleichen des Direkt- gegenüber dem Differenzversuch, die im IfT Dummerstorf bzw. in Haus Riswick der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (PRIES und MENKE, 2009) erarbeitet wurden, dargestellt in Tabelle 7.

Tabelle 7: Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und Energiegehalt von Maissilage im Direktversuch (100 % Maissilage) vs. im Differenzversuch (50 ... 90 % Maissilage + 10 ... 50 % Grassilage bzw. Heu)

	Gehalt (g/kg TS)	VQ _{direkt}		VQ _{Differenz}	
N (Einzelwerte)	5	21		23	
		%	±	%	±
Organische Substanz	957	77,4 ^a	2,6	78,7 ^b	1,8
Rohprotein	82,6	54,5	9,3	57,5	6,8
Rohfaser	167,7	64,3 ^a	5,4	68,5 ^b	5,1
NDF _{org}	380	64,7	5,7	66,1	4,1
ELOS _{DeBoever}	744,5				
ME (MJ/kgTS)	11,51 ¹⁾	11,37 ^a	0,40	11,55 ^b	0,28
NEL (MJ/kg TS)	7,03 ¹⁾	6,95 ^a	0,30	7,08 ^b	0,21

¹⁾ berechnet nach AfB (2008); a, b – verschiedene Buchstaben kennzeichnen einen signifikanten Unterschied (P<0,1)

Hier zeigt sich bei der Schätzung nach AfB (2008) im Mittel wiederum eine Überschätzung des im Direktversuch bestimmten Energiegehaltes um 0,14 (-0,09 ... +0,41) MJ ME/kg TS. Bei der Auswertung der Differenzversuche bestätigte die Schätzung im Mittel den Verdauungsversuch bzw. unterschätzte ihn leicht um -0,04 (-0,49 ... +0,46) MJ ME/kg TS. Zusätzlich waren auch die in den Differenzversuchen ermittelten Werte mit einer geringeren Streuung behaftet. Zu bedenken ist aber, dass es durch die Kombination der Maissilage mit Heu oder Grassilage zu einer Veränderung der Verdauungsbedingungen auch für die vorher im Direktversuch geprüfte Grassilage/Heu kommen kann, deren/dessen Verdaulichkeitsquotienten im Differenzversuch

als konstant angesehen werden müssen. Die dadurch bewirkten Veränderungen in der Verdauung der Nährstoffe der Grassilage/Heu werden durch die Differenzbildung der Maissilage zugeschrieben. Um diesen möglichen Fehler in der Bewertung der Maissilage zu minimieren, sollten Maissilagen im Differenzversuch etwa einen Anteil von 50 % haben.

Unter Berücksichtigung der in diesen vergleichenden methodischen Untersuchungen erzielten Ergebnisse wird verständlich, warum die im Differenzversuch geprüften Maissilagen erstens eine höhere Verdaulichkeit der organischen Substanz als vergleichbare, im Direktversuch geprüfte Maissilagen (Tabelle 6) haben. Zweitens gibt es hier eine bessere Übereinstimmung zwischen der Schätzung nach AfB (2008) als bei den im Direktversuch geprüften Maissilagen, was durch die alte Schätzgleichung anhand der Rohnährstoffgehalte (AfB 1998) nicht in gleicher Weise widerspiegelt wird. Die Bewertung dieses Befundes wird jedoch durch die vergleichsweise sehr hohen ELOS-Werte (in der Größenordnung von 70-90 g/kg TS zu hoch) für die im Differenzversuch geprüften Maissilagen erschwert. Diese verursachen eine relativ hohe Schätzung des Energiegehaltes nach AfB (2008).

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für die Bewertung von Maissilagen und Grünmais

- Der Energiegehalt von Maissilagen und Grünmais wird durch die neue Schätzgleichung des Energiegehaltes von Maisernteprodukten gut und differenziert widerspiegelt.
- Die Größenordnung der Neuschätzung nach AfB (2008) ist etwa gleich der Schätzung nach AfB (1998).
- Die Verdaulichkeitsprüfung von Maissilagen mit einem Erwartungswert der VOS von ≥ 75 % führt im Direktversuch mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Verdaulichkeitsdepressionen mit Auswirkung auf die Berechnung eines zu niedrigen Energiegehaltes.
- Empfohlen wird die Verdaulichkeitsprüfung solcher Maissilagen im Differenzversuch mit Grassilagen oder Heu im Verhältnis 50 % zu 50 %.

3 Klärung von Einsatzmöglichkeiten von Nebenprodukten der regionalen industriellen Verarbeitung von landwirtschaftlichen Rohstoffen

Pressschnitzel und Rübenkleinteile

Beschreibung des Datenmaterials

Seit 1998 wurden am Institut 30 Versuche mit Nebenprodukten der Zuckerrübenverarbeitung durchgeführt. Dazu gehörten neben nicht supplementierten Pressschnitzelsilagen (16 Versuche) auch Silagen mit melassierten (5 Versuche) und/oder mit Harnstoff (3 Versuche) versehenen Pressschnitzeln und Mischsilagen aus Pressschnitzeln mit Rübenkleinteilen (3 Versuche) oder mit Rapspresskuchen (1 Versuch). Drei Versuche wurden mit Silagen aus nur Rübenkleinteilen durchgeführt. Aufgrund der teilweise extrem hohen Restzuckergehalte bzw. Gär säuregehalte (Tabelle 8) waren die Futteraufnahme und die Verdauungsvorgänge teilweise beeinträchtigt. Sie bedürfen deshalb einer separaten Auswertung. In die weitere Diskussion gehen ausschließlich die Versuche mit den supplementierten (Melasse, Harnstoff, Rübenkleinteile) und nicht supplementierten Pressschnitzelsilagen ein, d. h. 26 Versuche mit insgesamt 146 Tiereinzelwerten.

Die Pressschnitzel und Rübenkleinteile wurden in Differenzversuchen mit Heu (19), Grassilage (7) und Maissilage (4) mit Anteilen an der gesamten Prüfration von 21 bis 77 % der Trockenmasse geprüft. Das Ernährungsniveau betrug im Mittel 13,3 g TS/kg Lebendmasse (8,4 ... 19,9).

Tabelle 8: Gehalt an Gärsäuren, NH₃-N sowie pH-Wert silierter Rübenkleinteile

	Rohzucker	pH	NH ₃ -N	Milchsäure	Essigsäure Propionsäure Buttersäure
	g/kg TS		% des Ges.-N	% in der TS	
Rübenabrieb	104,5	3,6	9,7	19,6	9,3
Rübenbruch	166,5	3,7	4,2	10,4	10,3
Rübenbröckel	357	3,85	8,2	5,8	4,6

Aufgrund der untersuchten Fragestellungen bzw. Produkte und der im Betrachtungszeitraum veränderten bzw. verbesserten Produktqualität variieren die Nährstoffgehalte der ausgewerteten Pressschnitzel bzw. Pressschnitzelsilagen relativ stark (Tabelle 9). Das wird besonders im Rohzucker- und im Fasergehalt, aber auch im Rohaschegehalt deutlich.

Tabelle 9: Chemische Zusammensetzung sowie Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) der untersuchten Pressschnitzel bzw. Pressschnitzelsilagen mit und ohne Melasszusatz

Variable		N	Mittelwert	Min	Max	AfB 1997
TS	g/kg	26	254	191	332	220
XA	g/kg TS	26	66	48	90	71
XP	g/kg TS	26	99	79	130	111
XL	g/kg TS	26	6,7	4	10	11
XF	g/kg TS	26	182	122	215	208
XX	g/kg TS	26	646	620	700	599
OR	g/kg TS	26	744	689	800	710
ADF _{org}	g/kg TS	26	237	147	306	
NDF _{org}	g/kg TS	26	436	282	615	
NFC	g/kg TS	26	392	225	540	
Zucker	g/kg TS	26	41	0	141	31
ELOS Friedel	g/kg TS	14	935	903	951	
ELOS DeBoever	g/kg TS	6	841	822	851	

Diese stark variierenden Inhaltsstoffe der ansonsten eher stabil zusammengesetzten Pressschnitzelsilagen stehen in Verbindung mit Untersuchungen zum Einfluss unterschiedlicher Melasseanteile auf Gärverlauf, Gärqualität und Verdaulichkeit der Pressschnitzel. Bei hohen Melasseanteilen verblieb oft noch ein beträchtlicher Restzuckergehalt in der fertigen Silage. Maximale Rohproteingehalte von 13 % in der Trockenmasse wurden nur durch Harnstoffzusatz während der Einsilierung erreicht.

Aus der Breite der untersuchten Produkte und Produktqualitäten lassen sich folgende Fragestellungen bearbeiten:

- Einfluss des Anteils der Pressschnitzel an der Prüfration auf das Ergebnis der Verdaulichkeitsuntersuchung
- Einfluss der Melassierung auf die Verdaulichkeit der Pressschnitzel

- Einfluss eines Harnstoffzusatzes auf die Verdaulichkeit der Pressschnitzel
- Verdaulichkeit unbehandelter Pressschnitzelsilagen im Vergleich zur gültigen Futtermitteltabelle (DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 1997)
- Einfluss des Beifutters auf das Ergebnis der Verdaulichkeitsuntersuchung der Pressschnitzel

Aufgrund des möglichen Einflusses der Gesamtration auf das Milieu der Vormägen und einer beträchtlichen Varianz der Nährstoffzusammensetzung der Gesamtrationen aus Pressschnitzel und Beifutter wurden zusätzlich der

- Einfluss des Fasergehaltes der Gesamtration auf das Ergebnis der Verdaulichkeitsuntersuchung und der
- Einfluss des Zuckergehaltes der Gesamtration auf das Ergebnis der Verdaulichkeitsuntersuchung

ausgewertet. Die Ergebnisse der diesbezüglichen Auswertung des Datenmaterials sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

Diskussion der Ergebnisse

Im Vergleich zu den aktuellen Tabellenwerten (AfB 1997; Tabelle 10) für Wiederkäuer sind die in die Untersuchung einbezogenen Pressschnitzelsilagen um etwa 2,5 % bzw. 1 % ärmer an Rohfaser und Rohprotein. Das liegt nur zum Teil an den eingeschlossenen melassierten Pressschnitzelsilagen, denn Pressschnitzelsilagen ohne jeglichen Zusatz lagen im Faser- und Rohproteingehalt auch noch unter den Tabellenwerten. Die Verdaulichkeit der organischen Masse ist etwa 2,5 %-Punkte höher als in den Futtermitteltabellen aufgeführt, was durch den höheren Anteil an NfE erklärbar sein kann. Dadurch fällt auch der Energiegehalt mit 7,7 MJ NEL/kg TS höher aus als in AfB (1997).

Da Pressschnitzel bei Wiederkäuern nicht im Direktversuch auf ihre Verdaulichkeit geprüft werden können, sind die Verhältnisse, die die Gesamtration im Verdauungstrakt verursacht, für deren Verdaulichkeit mitverantwortlich. Da die Verdaulichkeit des Beifutters methodisch bedingt als konstant angesehen wird, werden Wirkungen, die erst durch eine Kombination des Prüffutters mit dem Beifutter auf die Verdauungsvorgänge auftreten, allein dem geprüften Futter zugeschrieben. Daher sollte ein Beifutter gewählt werden, welches sich in Kombination mit dem zu prüfenden Futter wenig in seiner Verdaulichkeit ändert. Ein zweites Problem ist der Anteil des zu prüfenden Futters an der gesamten Ration. Die Varianz der Einzelwerte der Nährstoffverdaulichkeiten der gesamten Ration wird wegen der Differenzbildung mit den als konstant anzusehenden Verdaulichkeiten des vorher geprüften Beifutters voll auf das Prüffutter übertragen. Deshalb sollte der Prüffutteranteil so groß wie möglich sein, um die Varianz der Einzelwertwerte für die Verdaulichkeit des Prüffutters möglichst gering zu halten. Als Zielkonflikt ist aber zu sehen, dass zu hohe Anteile des Prüffutters den Charakter der Gesamtration gegenüber der alleinigen Fütterung des Beifutters meist zu sehr in Richtung einer nicht ausreichenden physikalischen Struktur oder eines zu hohen Anteiles leicht verdaulicher Kohlenhydrate verschieben.

Tabelle 10: Nährstoffgehalt unterschiedlich gruppierter Pressschnitzelsilage, Charakterisierung der Tagesration der Prüftiere und Verdaulichkeit der Nährstoffe

	Pressschnitzelsilage					Gesamtration				VOS	VXF	VXX	VNDF _{org}	ME	NEL
	XA	XF	NDF _{org}	ADF _{org}	XZ	Anteil PSS	XF	NDF _{org}	XZ	%	%	%	%	MJ/kg TS	
	g/kg TS					%	g/kg TS								
DLG 1997	71	208			31					86	87	91		11,87	7,40
Gesamt	66	182	436	237	41	46,3	232	507	64	88,5	87,5	92,4	89,9	12,17	7,67
Anteil PSS	63	185	431	250	39	29,8	247	518	72	90,5 ^a	93,1 ^a	95,2 ^a	97,7 ^a	12,46	7,92
	66	184	461	247	24	46,1	253	553	50	87,3 ^b	86,9 ^{ab}	87,6 ^b	88,3 ^b	12,01	7,53
	68	178	414	220	60	56,8	202	456	73	88,5 ^{ab}	84,5 ^b	95,4 ^a	89,1 ^b	12,14	7,64
PSS ohne	60	194	479	259	18	46,1	236	528	59	89,9^d	89,6^d	95,4^d	94,0^d	12,41	7,85
PSS melassiert	71	154	327	188	107	46,8	220	450	96	87,1 ^e	82,2 ^e	91,3 ^e	84,0 ^e	11,92	7,48
PSS mit Hast. ¹⁾	72	174	376	220	91	48,4	192	428	51	89,1 ^d	86,9 ^d	94,9 ^d	90,6 ^d	12,20	7,68
PSS+RKT ²⁾	84	165	419	207	29	45,0	268	575	51	83,9 ^e	87,1 ^d	76,0 ^f	86,6 ^e	11,28	7,02
Zucker gesamt	64	193	477	250	25	50,6	233	524	39	87,4	86,4	93,2	90,1	12,01	7,54
	67	173	402	221	55	42,7	230	493	85	89,5	88,3	95,5	91,5	12,30	7,92
Faser gesamt	68	176	377	216	85	55,9	186	405	69	89,2 ^h	83,8 ^h	96,4 ⁱ	89,1	12,22	7,70
	64	187	459	246	31	43,3	230	506	73	89,7 ^h	90,4 ⁱ	95,3 ⁱ	93,3	12,33	7,80
	67	181	454	243	19	42,0	275	600	48	86,4 ⁱ	86,4 ^{h,i}	84,7 ^h	89,9	11,88	7,44
Mit Grassilage	61	193	458	263	38	41,3	227	468	67	88,5	87,5	92,0	90,4	12,20	7,67
Mit Maissilage	69	187	395	233	83	50,9	180	392	43	89,4	83,4	96,8	90,0	12,25	7,72
Mit Heu	67	176	437	228	33	47,1	246	550	68	88,4	88,4	91,6	91,2	12,14	7,65
Rübenkleinteile	78	79	202	101	198	40,4	237	492	124	79,2	12,0	79,0	39,2	10,86	6,72
Vorschlag Tabelle	63	189	475	250	29	50,1	231	524	62	87,2	85,7	91,5	88,3	12,01	7,53

¹⁾ Harnstoff ²⁾ Rübenkleinteile

a, b, c ... unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) innerhalb Auswertungsgruppe

Vergleich der Verdaulichkeit nicht supplementierter Pressschnitzel mit den gültigen Tabellenwerten

Die Ergebnisse zu unsupplementierten Pressschnitzeln stammen aus 16 Verdauungsversuchen mit insgesamt 89 Tiereinzelwerten bei einem mittleren Anteil der Pressschnitzel an der Prüfration (Heu, Grassilagen, Maissilagen) von 46 %. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz übersteigt den Tabellenwert von 86 % um fast 4 Einheiten, bedingt durch die höheren Werte bei Rohfaser und NfE. Dies führt zu einer höheren Energiebewertung der Pressschnitzel um 0,59 MJ ME/kg TS bzw. 0,52 MJ NEL/kg TS gegenüber den Tabellenwerten.

Einfluss des Pressschnitzelanteils an der Prüfration

Dafür wurden die Versuche in drei Klassen gruppiert:

Klasse I	≤40 % Anteil an der Prüfration (5 Versuche)
Klasse II	>40 % und ≤50 % Anteil an der Prüfration (9 Versuche)
Klasse III	>50 % Anteil an der Prüfration (2 Versuche)

Hier zeigt sich, dass bei einem Anteil von <40 % an der Trockenmasse der gesamten Prüfration die Verdaulichkeit der organischen Substanz, der Rohfaser wie auch der NDF_{org} signifikant bis tendenziell höher ist als bei höheren Anteilen. Diese höhere Verdaulichkeit entsteht vor allem dadurch, dass sich für eine Reihe von Einzeltierergebnissen aus der Differenzbildung Werte >100 % ergeben. Das ist nur möglich, wenn durch die Kombination des Prüffutters mit dem Beifutter sich auch für das Beifutter verbesserte Verdauungsbedingungen ergeben, die sich wegen des relativ geringen Anteils Pressschnitzel extrem auf deren Verdaulichkeit auswirken. Das wird so bei den beiden Klassen mit höheren Pressschnitzelanteilen nicht gefunden. Prüfanteile von weniger als 40 % sind deshalb in Bezug auf das Ergebnis der Verdaulichkeitsprüfung als kritisch anzusehen.

Einfluss der Art des Beifutters

Die Untersuchung des Einflusses der Art des Beifutters auf die Verdaulichkeit erfolgte für die Gesamtheit des Datenpools nicht gezielt bei ein und derselben Pressschnitzelcharge bzw. an Pressschnitzeln mit gleichem Nährstoffgehalt. Zusätzlich gab es auch Abweichungen im mittleren Anteil der Pressschnitzel an den Prüfrationen. Durch die Art des Beifutters wurde vor allem die Nährstoffzusammensetzung der gesamten Prüfration beeinflusst. So war der Fasergehalt der Prüfrationen mit Maissilagen deutlich geringer als bei denen mit Grassilage oder Heu.

Auch wenn für die Prüfrationen mit Maissilagen eine nominal geringere Verdaulichkeit der Rohfaser zu verzeichnen ist, ergibt sich insgesamt kein statistisch sicherbarer Unterschied in der Verdaulichkeit der Nährstoffe und im Energiegehalt von Pressschnitzeln, wenn sie im Zusammenhang mit Heu, Grassilage oder Maissilage geprüft werden.

Verwiesen sei an dieser Stelle auf die Ergebnisse einer gezielten Untersuchung des Einflusses des Beifutters (Grassilage vs. Heu) auf die Verdaulichkeitsergebnisse der Pressschnitzelsilage innerhalb des Pressschnitzelprojektes des VdZ 2006 - 2007 (LOSAND U. A., 2007 b). Hier wurde für identisches Pressschnitzelmaterial bei einem Anteil von 50 % an der Prüfration kein signifikanter Unterschied gefunden. Die Daten dieser Versuche sind im hier ausgewerteten Datenpool enthalten.

Einfluss eines Melassezusatzes vor der Silierung

Der Melassezusatz zu den frischen Pressschnitzeln führt zu einer Verdrängung des faserhaltigen Rübenmarks und damit zu einer Verdünnung des Rohfaser- wie auch NDF-Gehaltes bei gleichzeitiger Anhebung des Zuckergehaltes. Dieser erhöhte Zuckergehalt findet sich auch noch im silierten Material wieder. Allerdings wird der erhöht analysierte Gehalt an Zucker (Monosacchariden) und die zu erwartende höhere Gärsäurebildung nicht in gleicher Größenordnung durch einen erhöhten Gehalt an N-freien Extraktstoffen widergespiegelt. Anders dagegen bildet die erweiterte Kohlenhydratanalytik aus NDF_{org} und ADF_{org} die Situation ab. Die Differenz

zwischen dem Gehalt an non fiber carbohydrates (NFC) in den Pressschnitzelsilagen ohne Melassezusatz und den melassierten Pressschnitzelsilagen beträgt etwa 150 g/kg TS.

Im Vergleich zu den zusatzfrei silierten Pressschnitzeln war die Verdaulichkeit der organischen Substanz der melassierten Pressschnitzelsilagen insgesamt signifikant verringert. Dieser Effekt wird vor allem durch die verringerte Faserverdaulichkeit, aber auch der NfE-Verdaulichkeit verursacht. Die Differenz in der Rohfaser- und in der NDF-Verdaulichkeit der melassierten zu den zusatzfreien Pressschnitzelsilagen beträgt 7 bzw. 4 Verdaulichkeitseinheiten. Ursächlich für die verringerte Faserverdaulichkeit ist möglicherweise in erster Linie der sehr hohe Rohzuckeranteil von knapp 10 % der TS in der gesamten Prüfration, der zu mehr als 50 % aus der Melasse der Pressschnitzel stammt.

Einfluss eines Harnstoffzusatzes zu den Pressschnitzeln

Der Harnstoffzusatz erfolgte sowohl während der Silierung (1 Versuch) als auch bei der Zusammenstellung der Prüfration aus Pressschnitzeln und Beifutter (2 Versuche). Er führte bei Zusatz vor der Silierung zu einer Anreicherung des Rohproteingehaltes der Pressschnitzel auf 129 g/kg TS. Die Harnstoffzulage direkt zum Verdauungsversuch wurde in einer Höhe von 10 g/Tier und Tag durchgeführt und war eigentlich zum Ausgleich des niedrigen Rohproteinbeitrags des Beifutters Maissilage gedacht. Ein Einfluss auf die Verdaulichkeit gegenüber nicht supplementierten Pressschnitzeln ergab sich nicht, auch wenn sich zusätzlich die Prüfrationen insgesamt in ihrer Nährstoffzusammensetzung sehr deutlich unterschieden. So war der NDF-Gehalt der durchschnittlichen Gesamtration bei Harnstoffzusatz aufgrund der gewählten Beifutter (Maissilage, Heu) deutlich niedriger als bei den Prüfungen unsupplementierter Pressschnitzel (überwiegend Heu und Grassilagen). Allerdings war er noch niedriger als bei den melassierten Pressschnitzeln, so dass die Vermutung bestätigt wird, dass für die Verdaulichkeitsminderung der Faserkennzahlen bei den melassierten Pressschnitzeln im wesentlichen der mit knapp 10 % in der Gesamtration sehr hohe Zuckeranteil verantwortlich war.

Einfluss der Nährstoffzusammensetzung der Prüfration

Der Einfluss der Tagesration auf die Verdaulichkeit soll hier ausschließlich anhand des Faser- und des Zuckeranteiles beschrieben werden. Einbezogen wurden auch hier wieder alle Versuche mit unsupplementierten, melassierten bzw. mit Harnstoff supplementierten Pressschnitzelsilagen.

– Klassierung nach Rohfasergehalt der Gesamtration

Durch die Klassifizierung nach dem Fasergehalt der Gesamtration wird teilweise der Anteil der Pressschnitzel an der Gesamtration widerspiegelt. So ist der niedrige Rohfaser- wie auch NDF_{org}-Gehalt in der ersten Faserklasse auf den relativ hohen Pressschnitzelanteil zurückzuführen. Der Anteil der Rohfaser aus dem Beifutter beträgt hier weniger als die Hälfte, d. h. nur 8,8 % der Gesamtration. Selbst wenn den Pressschnitzeln eine gewisse Strukturwirksamkeit von etwa 40 % der Rohfaser unterstellt werden kann, ist bei Einzeltieren wahrscheinlich die Grenze der Wiederkäuergerechtigkeit erreicht. Aus diesem Grunde sollte das (Roh-) Faserlieferungsvermögen des Beifutters auf mindestens 10 % der Gesamtration (entsprechend 20-21 % NDF_{org}) angehoben werden für die repräsentative Verdaulichkeitsprüfung von Pressschnitzeln.

Bei den beiden höheren Faserklassen ist der mittlere Anteil der Pressschnitzel an der Prüfration deutlich niedriger, aber etwa übereinstimmend bei 42-43 %. Bei diesen beiden Klassen ist also der direkte Einfluss der Faser der Gesamtration gut zu beurteilen. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz und auch der Faserkennzahlen sinkt tendenziell bei sehr hohen Fasergehalten in der Gesamtration. Bei diesen Prüfungen war die (Roh-)Faserlieferung aus dem Beifutter im Mittel bei etwa 20 % der Gesamtration (entsprechend 41 % NDF_{org}). Für den Erhalt repräsentativer Verdaulichkeiten der Pressschnitzel sollten deshalb die Fasergehalte der gesamten Prüfration aus dem Beifutter diese Werte nicht überschreiten.

Der somit abgesteckte Bereich von mindestens 10 % Rohfaser (20-21 % NDF_{org}) bis maximal 20 % Rohfaser (41 % NDF_{org}) aus Grobfutter entspricht auch etwa der Bandbreite von Rationen für laktierende Kühe, in denen Pressschnitzel überwiegend zum Einsatz kommen dürften.

– Klassifizierung nach dem Rohzuckergehalt der Gesamtration

Wird das gesamte zur Verfügung stehende Datenmaterial nach dem Zuckergehalt der gesamten Prüfration klassiert (<50 g/kg TS vs. ≥50 g/kg TS), ergibt sich für keinen der Nährstoffe der Pressschnitzel ein signifikanter Unterschied in der Verdaulichkeit, wenn in einer zuckerreicheren gegenüber einer zuckerärmeren Prüfration geprüft wird. Eher scheint die Verdaulichkeit, wenn sie in einer zuckerreicheren Ration geprüft wird, tendenziell verbessert zu sein. Das würde allerdings der Aussage über die Verdaulichkeit melassierter Pressschnitzel widersprechen. Schaut man sich aber den mittleren Anteil der Pressschnitzel in den zuckerreicheren Prüfrationen an, fällt auf, dass dieser deutlich niedriger lag (42,7 %) als bei den in zuckerärmeren Rationen geprüften Pressschnitzeln (50,6 %). Wird generell ein Mindestanteil von 40 % Pressschnitzel bei der Verdaulichkeitsprüfung eingehalten, zeigt sich, dass sehr wohl ein Einfluss des Gesamtzuckergehaltes auf die Verdauungsprozesse existiert. Bei höheren Zuckergehalten wird die Verdaulichkeit der Faserkennzahlen Rohfaser wie auch NDF_{org} signifikant negativ beeinflusst.

Futterwert siliertes Rübenkleinteile

Als Rübenkleinteile wurden von den ehemals in MV existierenden zwei Zuckerfabriken Zuckerrübenspitzen, Zuckerrübenabrieb sowie Zuckerrübenbröckel frisch an die Landwirtschaftsbetriebe abgegeben. Teilweise wurden diese frisch verfüttert, wegen der aufgrund des hohen Zuckergehaltes und der geringen TS-Gehalte schnell ablaufenden Oxydations- und Verderbnisprozesse aber meist zusammen mit Pressschnitzeln einsiliert. Der Trockenmasseanteil wie auch die Nährstoffzusammensetzung dieser bei der Zuckerrübenverarbeitung anfallenden Kleinteile der intakten Zuckerrübe waren nicht sehr konstant. Das zeigt Tabelle 11. Auch wenn, je nach Produkt stark schwankend, der Zuckergehalt zwar nicht mehr so hoch ist wie in der Zuckerrübe selbst, jedoch mit über 50 % im Mittel noch beträchtlich. Man kann davon ausgehen, dass die einsetzende Vergärung im Silo sehr intensiv sein wird. Das zeigt auch Tabelle 8.

Tabelle 11: Variation und Mittelwert der Nährstoffzusammensetzung von Zuckerrübenkleinteilen der Zuckerfabriken in MV

Kennzahl	n	ME	Mittelwert	Min	Max
Trockenmasse	12	g/kg	163	113	192
Rohasche	12	g/kg TS	71,5	43	162
Rohprotein	12	g/kg TS	71	49	99
Rohfaser	12	g/kg TS	83	54	133
NfE	10	g/kg TS	784	668	849
Rohfett	10	g/kg TS	4	2	5
Rohzucker	12	g/kg TS	515	360	722
ADF _{org}	9	g/kg TS	84	65	113
NDF _{org}	9	g/kg TS	201	133	271

Da die Gehalte an Rohasche, Rohprotein, Rohfett und Rohfaser und damit an NfE im silierten wie auch im frischen Ausgangsmaterial in etwa gleicher Größenordnung vorliegen, ist davon auszugehen, dass die Differenz im Zuckergehalt des silierten Materials (Tabelle 10) zum frischen Ausgangsmaterial in Höhe von 200 – 300 g/kg TS etwa in Form der Gärprodukte vorliegt. In dieser Größenordnung ist eine Verzehrsminderung bei dem silierten Material nicht

auszuschließen. Aufgrund der mangelnden Haltbarkeit des frischen Materials für die Frischverfütterung und auch wegen der Gefahr eines individuell zu hohen Zuckerverzehrs für die Vormagengesundheit werden inzwischen Zuckerrübenkleinteile noch in der Zuckerfabrik dem Strom des Ausstoßes fertiger Pressschnitzel wieder zugeführt.

Die Prüfung der Verdaulichkeit der Zuckerrübenkleinteile erwies sich als schwierig, da der immer noch hohe Zuckergehalt der fertig silierten Kleinteile trotz ausreichender Faserversorgung über das Beifutter in der Prüfration die Faserverdauung offensichtlich erheblich störte. Wahrscheinlich führte auch der hohe Gesamtsäuregehalt der silierten Zuckerrübenkleinteile zu einer erheblichen Säurebelastung der Vormägen und zu negativer Beeinflussung der Futteraufnahme bei den Prüftieren. Ein energetischer Futterwert für Zuckerrübenkleinteile allein lässt sich auf dem Wege des Verdauungsversuches (Differenzversuch) nicht darstellen. Im Gemisch mit Pressschnitzeln sind diese Kleinteile verwertbar (siehe Tabelle 10), wenn die Grenzen der Wiederkäuergerechtigkeit in der Gesamtration eingehalten werden und die in die Gesamtration eingebrachten Gärsäuren den Verzehr und die Vormagenverdauung nicht beeinflussen. In den oben angeführten drei Verdauungsversuchen wurden Anteile Zuckerrübenkleinteile zwischen 17 und 30 % der Frischmasse eingebracht.

Schlussfolgerungen

Aus der Auswertung des gesamten vorhandenen Datenpools Verdaulichkeitsuntersuchungen an Pressschnitzeln ergibt sich, dass für den Erhalt repräsentativer Ergebnisse die Prüfration Grenzbedingungen einhalten muss. Das ist auf der einen Seite die Wiederkäuergerechtigkeit, die mit einer ausreichenden Strukturwirksamkeit (mindestens 10 % Rohfaser bzw. 20 % NDF_{org} aus Grobfutter) und mit einem maximalen Zuckergehalt von 10 % der Trockenmasse gekennzeichnet werden soll. Auf der anderen Seite soll die Ration so zusammengesetzt sein, dass sie bei höherem Ernährungsniveau tierische Leistungen ermöglichen kann, d. h. der Fasergehalt der Prüfration sollte ein Niveau von 20 % Rohfaser bzw. 40 % NDF_{org} in der Trockenmasse nicht überschreiten.

Bei Anteilen Pressschnitzel in der Prüfration von weniger als 40 % der Trockenmasse können verdaulichkeitsverbessernde Wirkungen auf das Beifutter nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der Methodik des Differenzversuches wird dadurch die Verdaulichkeit der Pressschnitzel tendenziell zu hoch bewertet.

Die Art des Beifutters hat keinen direkten Einfluss auf das Ergebnis der Verdaulichkeitsuntersuchung von Pressschnitzeln, sondern ausschließlich über ihren Anteil an der Gestaltung der Nährstoffzusammensetzung der gesamten Prüfration.

Werden die vorhandenen Versuchsergebnisse an Pressschnitzeln unter Berücksichtigung der oben genannten Grenzbedingungen gefiltert, verbleiben 12 Verdauungsversuche mit 67 Tier-einzelwerten ausschließlich mit Grassilagen oder Heu als Beifutter. Deren mittlere Nährstoffzusammensetzung, Verdaulichkeit sowie der sich ergebende Energiegehalt sind in Tabelle 12 dargestellt und können als zu verallgemeinernde Futterwertangaben für Pressschnitzel angesehen werden. Im Vergleich zu den DLG-Futterwerttabellen (AfB, 1997) werden die Pressschnitzel energetisch leicht aufgewertet.

Zuckerrübenkleinteile sollten weder frisch noch siliert als Einzelfuttermittel Verwendung finden, sondern maximal bis zu 25 % im Gemisch mit Pressschnitzeln siliert und verfüttert werden.

Tabelle 12: Vorschlag Tabellierung Futterwert von Pressschnitzsilagen

Parameter		Vorschlag	DLG 1997
XA	g/kg TS	63	71
XL	g/kg TS	7	11
XP	g/kg TS	100	111
XF	g/kg TS	189	208
XX	g/kg TS	641	599
XZ	g/kg TS	29	31
OR	g/kg TS	741	710
NDF _{org}	g/kg TS	475	
ADF _{org}	g/kg TS	250	
NFC	g/kg TS	355	
Verdaulichkeitsangaben			
OM	%	87	86
XF	%	86	87
XL	%	(0)	31
XX	%	91,5	91
OR	%	89	
NDF _{org}	%	88	
ADF _{org}	%	85	
NFC	%	92	
Energieangaben			
BE	MJ/kg TS	17,69	17,75
ME	MJ/kg TS	12,01	11,87
NEL	MJ/kg TS	7,53	7,40

Biertrebersilagen

Beschreibung des Materials

Die verwendeten Biertreber stammen aus der Produktion des Jahres 2000 der Brauerei Rostock, heute Hanseatische Brauerei Rostock GmbH und wurden nach der Anlieferung in kleinen Horizontalsilos verdichtet und mit Folien abgedeckt. Die entstandene Silage wurde in drei Verdaulichkeitsuntersuchungen bei unterschiedlichen Anteilen an der Präfraktion (25, 50 bzw. 73 % der TS) mit Heu als Beifutter geprüft. Die Rohnährstoffzusammensetzung des geprüften Trebers zeigt Tabelle 13 im Vergleich mit den DLG-Futterwerttabellen (AfB, 1997), Angaben von PREIßINGER u. a. (2008) und den Futterwerttabellen des NRC (1989, 2001)

Tabelle 13: Rohnährstoff- und Energiegehalt von Biertrebersilagen

	DLG		Treber aus		NRC		eigene
	Normal	gepresst	Gerstenbier	Weizenbier	1989	2001	Untersuchung
TM, (g/kg)	240	280	239	220	210	219	224
XA	50	50	46	37	48	49	36
XP	245	245	236	286	254	284	226
XL	100	110	95	77	65	52	99
XF	190	190	171	137	149	-	170
NfE	415	405	454	465	484	-	469
XS	20	10	-	-	-	-	9
XZ	30	5	-	-	-	-	5
NDF _{org}	-	-	-	-	420 ¹⁾	471 ¹⁾	613
ADF _{org}	-	-	-	-	230 ¹⁾	231 ¹⁾	247
NFC	-	-	-	-	213	144	26

1) einschließlich Rohascheanteile = NDF bzw. ADF

Die Rohnährstoffzusammensetzung des untersuchten Biertrebers weicht in Rohprotein- und Fasergehalten etwas von den in den DLG-Futterwerttabellen (AfB, 1997) zusammengefassten Werten ab. Am ehesten ist noch eine Übereinstimmung mit den durch PREIBINGER U. A. (2008) festgestellten Inhaltsstoffen von Gerstenbiertrebern zu finden. Offenbar sind die Herkunft (Technologie des Bierbrauens) bzw. die verwendeten Rohstoffe entscheidend für die Zusammensetzung des Biertrebers. Darauf deuten auch die sehr unterschiedlichen und eher niedrigeren Angaben für die Faserkennzahlen in den NRC-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (NRC, 1989, 2001) hin.

Diskussion der Ergebnisse der Verdaulichkeitsprüfungen

Die Prüfung der Verdaulichkeit von Biertreber in unterschiedlichen Anteilen in der Prüfration war ursprünglich mit dem Ziel durchgeführt worden, die Verdaulichkeit mit der regressiven Methode errechnen zu können. Außerdem sollten eventuelle nicht additive Wirkungen von Biertreber auf die Verdaulichkeit in Mischrationen erkannt und für die Tabellierung ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse der Verdaulichkeitsprüfung zeigt Tabelle 14. Es zeigt sich scheinbar eine deutliche negative Abhängigkeit der Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und der Energiegehalte vom Anteil des Biertrebers in der Prüfration. D. h. es bestehen nicht additive Wirkungen des Biertrebers in einer Gesamtration, die der Tabellierung eines allgemeingültigen Futterwertes von Biertreber entgegenstehen. Eine Übereinstimmung mit den Angaben der AfB (1997) bzw. PREISSINGER U. A. (2008) besteht nur bei der Prüfung mit sehr hohen Biertreberanteilen. Eine zusätzliche Auswertung des Datenmaterials nach der regressiven Methode ist nicht zweckdienlich, da auch sie durch die Berechnung eines einzigen Regressionskoeffizienten die Verdaulichkeiten aus allen drei Anteilstufen nur mittelt.

Ähnlich dem Vorgehen bei der Bewertung der Verdauungsversuche mit Pressschnitzelsilagen sollten die differenzierten Ergebnisse anhand der Charakterisierung der gesamten Prüfration bewertet werden. Dabei fällt auf, dass bei der Prüfung mit 25 % Biertreberanteil der Rohfasergehalt des Beifutters einen Anteil von etwa 21 % der TS der Prüfration ausmacht. Trotzdem führt dies nicht zu einer Minderung der Verdaulichkeit des Biertrebers. Offensichtlich ist der

„ergänzende“ Effekt der Inhaltsstoffe des Biertreibers für die Verdauung der auf Heu basierenden Grundration vorrangig. Wegen der Methodik des Differenzversuches wird die Verbesserung der Verdaulichkeit des Heus durch den Biertreiberzusatz aber dem Biertreiber zugeschrieben. Die Verdaulichkeitswerte von Biertreibern bei 25 % Anteil an der Prüfration müssen als zu hoch bewertet werden. Bei einem Anteil von 75 % Biertreiber an der Trockenmasse der Prüfration beträgt der Rohfaserbeitrag des Heus an der gesamten Prüfration nur noch 7,5 %. Da der Faser des Biertreibers keine physikalische Strukturwirksamkeit zugeschrieben werden kann, ist diese Ration als nicht wiederkäuergerecht anzusehen. Hier ist auch ein überdurchschnittlicher Abfall in der Verdaulichkeit der Rohnährstoffe gegenüber der nächst niedrigeren Stufe des Biertreiberanteils (50 %) festzustellen. Zu empfehlen ist daher, die Ergebnisse zur Rohnährstoffverdaulichkeit des Biertreibers als tabellierbar allgemeingültig anzusehen, die bei einem Anteil des Biertreibers an der Grundration von 50 % erarbeitet wurden. Eine Mittelwertbildung über alle drei Versuche führt zu niedrigeren Werten der Verdaulichkeit und des Energiegehaltes.

Schlempen aus der Bioethanolgewinnung mit Getreide und Zuckerrüben

Als Schlempen werden allgemein Materialien bezeichnet, die bei der industriellen Alkoholgewinnung aus Rohstoffen der Landwirtschaft als Rückstand entstehen. Diese Schlempen enthalten in unterschiedlichem Maße Nährstoffe und Energie, die in der Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere noch ökonomisch verwertbar sind und daher zu weiterer Wertschöpfung aus dem jeweiligen Rohstoff führen können. Die vorliegenden Ergebnisse wurden mit Schlempen erarbeitet, die bei der Bioethanolgewinnung aus Getreide und aus Zuckerrübensaft entstanden. Die Bioethanolherstellung für die Energiegewinnung ist ein relativ junger Produktionszweig. Dementsprechend befinden sich die Technologien dafür noch in Entwicklung. D. h., mit der Erhöhung der Bioenergieausbeute aus den landwirtschaftlichen Rohstoffen durch Verbesserung der Produktionstechnologien (Erhöhung des Wirkungsgrades) verändert sich auch die Qualität der zurückbleibenden Schlempen. Es gibt keine allgemeine Beschreibung des Futterwertes der Schlempen. Vielmehr sind die Eigenschaften von Schlempen und deren Qualitäten nicht nur abhängig von den eingesetzten Rohstoffen, deren Vorbereitung und der Technologie der Hauptproduktherstellung, sondern auch von den Produktionsverfahren, die zu einer Verbesserung ihrer weiteren Nutzung führen. So haben Schlempen aus der Getreideverarbeitung einen sehr hohen Wasseranteil, aber andererseits auch einen gewissen Feststoffanteil aus den Resten des Getreidekorns. Zur Verbesserung ihrer Lagerfähigkeit und Handelbarkeit werden sie durch verschiedene Methoden eingedickt oder auch getrocknet. Getrocknete Schlempen haben den Vorteil, dass die in Lösung befindlichen, oft sehr gut verdaulichen Nährstoffe im Produkt verbleiben (*dried distillers grains with solubles*). Werden die Getreideschlempen durch Abpressen eingedickt (Getreidepressschlempe), gehen die gelösten Stoffe (Proteine, Mineralstoffe) in die flüssige Phase über, die in der Regel entsorgt werden muss. Für die Transportwürdigkeit wird ein TS-Gehalt von etwa 35 % angestrebt. Eine Lagerfähigkeit wird allerdings erst durch Konservierung erreicht. Durch weitere Verbesserungen der Verfahren zur Eindickung der Schlempe wird versucht, die in der flüssigen Phase gelösten Nährstoffe zurück zu gewinnen und an den Pressrückstand zu binden.

Schlempe, die bei der Bioethanolgewinnung aus Melasse oder Zuckerrübensaft entsteht, ist flüssig und deutlich weniger viskos als Melasse. Die enthaltenen organischen Bestandteile befinden sich ähnlich wie die enthaltenen Salze in gelöstem Zustand. Eine Eindickung durch Abpressen entfällt. Sie wird erreicht durch Verdampfen des enthaltenen Wassers. Dabei wird die Prozesswärme genutzt, die beim Entzug des Alkohols im Betrieb entsteht. Die Qualität der Schlempe für die Fütterung und die Handelbarkeit dieser Schlempe wird wesentlich durch den Anteil und Geschmack der enthaltenen Salze sowie die Konsistenz und den Aufwand bestimmt, der betrieben werden muss, um ihre Homogenität zu erhalten. Bei einem TS-Gehalt von mindestens 50 % ist die Lagerfähigkeit der Melasse- oder Dicksaftschlempe gegeben.

Tabelle 14: Verdaulichkeit der Nährstoffe und Energiegehalt von Biertreibersilage sowie Charakterisierung der Tagesration der Prüftiere bei unterschiedlichen Anteilen Biertreber in der Prüfration

Anteil in der Prüfration	Gehalt in Prüfration in g/kg TS				Verdaulichkeit in %						ME	NEL
	XP	XF	NDF _{org}	XL	OM	XL	XF	XX	NDF _{org}	ADF _{org}	MJ/kg TS	
25 %	152	253	593	38	72,8	88,1	63,1	75,0	72,8	68,9	12,15	7,32
50 %	176	226	600	58	70,6	87,3	57,3	73,4	68,3	61,5	11,84	7,10
75 %	200	199	606	78	66,3	87,0	52,3	59,5	62,9	53,4	11,24	6,65
Mittelwert	176	226	600	58	69,9	87,5	57,5	69,3	68,0	61,3	11,74	7,02
DLG 2001					68	92	54	60			11,22	6,66
Gerstentreber ¹⁾					66	90-92	51-53	66-59			11,1-11,2	6,6

1)Preissinger u .a. (2008)

Beschreibung des Datenmaterials

Der Nährstoffgehalt der untersuchten Schlempen wird in Tabelle 15 dargestellt. Dabei handelt es sich um zwei Chargen Trockenschlempe aus einem nicht weiter definierten Gemisch aus Gerste und Weizen, einer Charge siliierter Roggenpressschlempe und zwei Chargen Dicksaftschlempe aus Zuckerrüben (Vinasse).

Tabelle 15: Rohnährstoffgehalt und ELOS der Schlempen aus der Bioethanolgewinnung (g/kg TS) bei Prüfung der Rohnährstoffverdaulichkeit

	Trockenschlempe aus Gerste-/Weizengemisch		Roggenpressschlempe	Vinasse aus Zuckerrüben-dicksaft	
	Charge I	Charge II		Charge 2007	Charge 2009
TM, (g/kg)	945	963	305	454	598
XA	56	61	22	113	129
XP	361	379	177	290	294
XL	59	56	57	10	3
XF	86	64	143	n.n.	n.n.
NfE	438	440	601	587	574
XS	58	7	110	n.n.	n.n.
XZ	90	63	30	n.n.	224
NDF _{org}	316	327	563	n.n.	n.n.
ADF _{org}	192	166	209	n.n.	n.n.
NFC	208	178	181	587	574

Ein Vergleich mit Angaben aus den DLG-Futterwerttabellen (AfB, 1997) ist wenig sinnvoll, da die Ethanolgewinnung aus landwirtschaftlichen Rohstoffen zwar eine sehr alte Technologie darstellt, diese aber in der noch sehr jungen Bioenergiewirtschaft großtechnisch angewandt wird und wegen des Zwangs zu Optimierungen die sich ergebenden Produkte einer ständigen Veränderung unterworfen sind. Am ehesten zeigen die Trockenschlempen eine den früheren Produkten ähnliche Nährstoffzusammensetzung. Wegen der untergeordneten wirtschaftlichen Bedeutung sind die vorhandenen Daten auch wenig belastbar. Pressschlempen sind erst seit einigen Jahren bekannt und zeigen derzeit wohl die größte Dynamik in ihrer Nährstoffzusammensetzung. Verwiesen sei an dieser Stelle auf die DLG-Informationen zum Einsatz von Getreideschlempen bei landwirtschaftlichen Nutztieren (DLG, 2009 a, b).

Bisher bekannte Untersuchungen zum Futterwert von Vinassen aus der Zuckerrübenverarbeitung (Harms 2003) zeigen meist einen sehr hohen Anteil an Rohasche (vorwiegend Sulfate des Kaliums und des Natriums) von deutlich über 20 % der Trockenmasse. Es wurde versucht, den deshalb geringen energetischen Futterwert durch Entkalisierung zu erhöhen. Der trotzdem hohe Rohproteingehalt soll überwiegend aus Betain bestehen und demzufolge einen geringen Anteil Reinprotein enthalten. Wegen der flüssigen Konsistenz neigt die Vinasse sehr schnell zur Sedimentierung der ausfällenden Salze, was einerseits die Handhabbarkeit deutlich verschlechtert und zum anderen einer repräsentativen Analyse der Inhaltsstoffe entgegensteht. Die untersuchten Vinassen stammen aus Zuckerrübensaft der Zuckerfabrik Anklam. Sie unterscheiden sich durch einen extrem niedrigen mineralischen Anteil, einen vergleichsweise niedrigen Rohproteingehalt und in der Charge aus 2009 auch noch durch einen erheblichen Restzuckeranteil von den bisher bekannten Vinassen.

Diskussion der Ergebnisse der Verdaulichkeitsuntersuchungen

Getreidetrockenschlempen

Die Getreidetrockenschlempen wurden ebenso wie die Pressschnitzel und der Biertreber in unterschiedlichen Anteilen an der Prüfration im Differenzversuch mit Grassilagen geprüft. Dabei stellte sich für den geringsten Anteil der Trockenschlempe von 15 % ein maximaler Anteil Rohfaser aus dem Beifutter von etwa 20 % ein. Dieser wurde in Auswertung der Pressschnitzelversuche als oberer Grenzwert des Fasergehaltes für einen auswertbaren Differenzversuch herausgestellt. Andererseits muss bei dem geringen Schlempeanteil dieser als Ergänzung der faserreichen Grassilage angesehen werden, was insgesamt zu einer Verbesserung der Verdaunungsbedingungen in den Vormägen führte. Damit wurde auch hier eine bessere Verdauung der Grassilage ermöglicht, die wegen der Differenzbildung der Trockenschlempe zugerechnet wird. Die bei einem Anteil von 15 % Trockenschlempe ausgewiesenen Faserverdaulichkeiten von 87,7 % und 78,6 % für Rohfaser bzw. NDF_{org} (Tabelle 16) müssen deshalb als überhöht angesehen werden. Bei einem Anteil von 52 % Trockenschlempe in der Prüfration gerät der Fasergehalt in den unteren Grenzbereich für eine wiederkäuergerechte Ration. Anzeichen dafür ist jedoch nur eine relativ niedrige Verdaulichkeit der Rohfaser, die sich bei ADF_{org} und NDF_{org} aber nicht widerspiegelt. Daher kann die relativ niedrige Verdaulichkeit der Rohfaser auch als Chargeneffekt angesehen werden (Charge II). Aufgrund der nicht additiven Effekte durch die Mischung der Trockenschlempe mit dem Beifutter bei einem Anteil von 15 % sollten diese Ergebnisse aus der Erarbeitung tabellierfähiger Verdaulichkeitsquotienten ausgeschlossen werden. Der daraus resultierende Tabellenvorschlag erreicht deshalb die Angaben aus der Stellungnahme des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung (DLG 2009 a; enthält auch die hier ausgewerteten Versuche) teilweise nicht.

Roggenpressschlempe

Wie bereits oben beschrieben, geht ein Teil der gelösten Stoffe der Getreideschlempe beim Abpressen verloren. Daher stellt sich eine deutlich geringere Verdaulichkeit der Nährstoffe bei der Pressschlempe im Vergleich zu den Trockenschlempen ein, auch unter Berücksichtigung dessen, dass die Rohstoffe nicht die gleichen waren. Eine erste Auswertung der Verdaulichkeit von Roggenpressschlempen zweier unterschiedlicher Hersteller erfolgte durch ALERT U. A. (2007). In diese Auswertung sind die hier vorliegenden Ergebnisse bereits eingegangen.

Kennzeichnend für die von ALERT U. A. (2007) vorgestellten Ergebnisse war die Streubreite der Inhaltsstoffe der von drei Versuchsanstellern im Laufe zweier Jahre untersuchten Pressschlempen. Die jüngeren Ergebnisse wurden von Pressschlempen erhalten, die aufgrund einer verbesserten Technologie höhere Proteingehalte aufwiesen.

Ähnlich den Ergebnissen mit Pressschnitzeln, Biertreber und Trockenschlempen zeigt sich auch bei den Pressschlempen, dass ein zu geringer Anteil in der Prüfration zu unrealistisch hohen Verdaulichkeitsquotienten insbesondere für die Rohfaser und das Rohfett führen (Tabelle 16). Deshalb wird für die Nutzung zur Tabellierung eines repräsentativen Futterwertes nur ein Mittelwert aus den beiden Versuchen mit mehr als 15 % Pressschlempenanteil an der Prüfration vorgeschlagen. Dieser weicht jedoch insbesondere für die Verdaulichkeit beim Rohfett und beim organischen Rest (OR) deutlich von der Stellungnahme Roggenpressschlempe des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung ab (DLG, 2009 b).

Tabelle 16: Verdaulichkeit der Nährstoffe und Energiegehalt von Schlempen aus der Bioethanolgewinnung sowie Charakterisierung der Tagesration der Prüftiere bei unterschiedlichen Anteilen Schlempe in der Prüfration

Anteil in der Prüfration	Gehalt in Prüfration in g/kg TS				Verdaulichkeit in %						ME	NEL
	XP	XF	NDF _{org}	XL	OM	XL	XF	XX	NDF _{org}	ADF _{org}	MJ/kg TS	
Getreidetrockenschlempe Gerste/Weizen												
15%	187	217	408	37	82,4	80,5	87,7	91,2	78,6	67,1	12,97	8,01
30%	218	194	392	41	74,4	85,9	57,9	79,5	59,2	52,8	11,94	7,22
46%	251	169	374	45	74,9	88,9	57,1	78,5	60,9	51,8	12,04	7,29
52%	288	142	374	46	76,6	86,7	44,8	84,0	63,6	47,9	12,23	7,44
DLG 2009a (Weizen/Gerste)					76	87	50	77 ¹⁾			12,2	7,4
Vorschlag Tabelle (>15%)					75,3	87,2	53,2	76,5¹⁾	61,2	50,8	12,07	7,31
Roggenpressschlempe												
15%	188	223	470	36	63,3	88,8	68,2	53,4	43,3	40,9	10,25	6,01
31%	186	208	488	40	56,1	55,9	46,4	53,5	41,2	34,0	8,94	5,11
46%	184	193	505	44	56,5	28,0	50,0	55,9	44,2	39,5	8,72	4,96
DLG 2009b (Weizen/Gerste)					57	62	50,0	62 ¹⁾			9,8	5,7
Vorschlag Tabelle (>15%)					56,3	43,2	48,1	58,8¹⁾	42,6	36,5		
Eingedickte Dicksaftschempe												
Grassilage für I							79,8		83,5	84,2		
Grassilage für II							66,3		65,5	58,6		
18% Charge I	207	180	388	27	76,6	-	(74,2) ²⁾	90,5	(80,5) ²⁾	(80,0) ²⁾	10,62	6,47
33% Charge I	222	148	318	23	85,7	-	(68,9) ²⁾	94,2	(77,3) ²⁾	(75,3) ²⁾	11,83	7,41
30% Charge II	223	169	363	27	95,6	-	(68,9) ²⁾	97,4	(67,3) ²⁾	(60,6) ²⁾	12,89	8,30

¹⁾Verdaulichkeit des organischen Restes (OM-XL-XF)

²⁾Verdaulichkeit der Faser der Gesamtration

Vinasse (eingedickte Zuckerrübensaftschlempe, Herkunft Dettmannsdorf-Kölnow/Anklam)

Erste Verdaulichkeitsuntersuchungen mit Vinasse der Charge I wurden über Differenzversuche in 3 Stufen durchgeführt, mit 20, 35 und 50 % Vinasseanteil in einer Mischration auf TS-Basis mit einer vorher im Direktversuch geprüften Grassilage als Beifutter. Die Futteraufnahme insgesamt aus Prüf- und Beifutter war als konstant konzipiert und blieb mit 12,5 – 14,5 g Trockenmasse je kg Lebendmasse der Prüfhammel im geforderten Bereich des Ernährungsniveaus (AfB, 1991).

Die Verdaulichkeit der Nährstoffe der Vinassen und der daraus berechnete Energiegehalt sind in Tabelle 16 enthalten.

Entsprechend Literaturergebnissen (HARMS, 2003) bzw. eigenen Untersuchungen an Milchkühen war auch bei der Verfütterung an die Versuchsschafe mit Akzeptanzproblemen gerechnet worden, die den Futtermittelverzehr einschränken und eine Berechnung der Verdaulichkeit behindern. Ein solcher Effekt trat bei den beiden niedrigeren Anteilen von 20 und 35 % nicht auf. Bei der Verfütterung von 50 % Vinasse I und 50 % Grassilage ging die Futteraufnahme jedoch drastisch zurück, so dass eine Auswertung mit dieser Konstellation nicht mehr möglich war. Die Ursache ist nicht genau einer mangelnden Akzeptanz zuzuordnen, da bei dieser Stufe der Rohfasergehalt der Gesamtration mit 12 % und das relativ niedrige Ernährungsniveau mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer mangelnden Strukturversorgung der Hammel geführt haben können.

Die Prüfung der Vinasse I auf den beiden verbleibenden Anteilsniveaus von 20 und 35 % der Trockenmasse Hammelration führte zu zwei signifikant voneinander verschiedenen Ergebnissen von 76,6 bzw. 85,7 % Verdaulichkeit der organischen Masse. Für die Faserkennzahlen Rohfaser bzw. NDF und ADF können keine Verdaulichkeitswerte angegeben werden, da diese in der Vinasse nicht nachgewiesen werden konnten. Der sehr niedrige Fettgehalt der Vinasse führt aufgrund des relativ konstanten endogenen Fettanteils im Kot der Schafe und der als konstant gesetzten Fettverdaulichkeit der Grassilage zudem zu Fettverdaulichkeiten um Null für die Vinasse. Damit ist der Einfluss des Fettes auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz zu vernachlässigen. Schaut man sich jetzt die Verdaulichkeitskennziffern der Fasergehalte der beiden Gesamtrationen mit 20 bzw. 35 % Vinasseanteil an, fällt auf, dass die Fasergehalte (die nur aus der Grassilage stammen können) in den beiden Mischrationen gegenüber der reinen Grassilage geringer verdaulich sind, je höher der Vinasseanteil ist. Dies kann sicher z. T. damit erklärt werden, dass die gegenüber der reinen Grasration geringeren Fasergehalte pansenphysiologisch auf eine Verschlechterung der Lebensbedingungen für die zellwandspaltenden Bakterien wirken. Das heißt aber auch, dass der aus den weniger komplexen Kohlenhydraten (NfE, bzw. NFC) und dem Rohprotein bestehende organische Rest sehr hoch verdaulich ist. Die mit 76,6 % errechnete Verdaulichkeit der OM der Vinasse bei 20 % Vinasseanteil ist mit Sicherheit als zu niedrig anzusehen, da er eine Kompensation der Verdaulichkeitsdepression der Faser-substanzen der Grassilage zum Ausdruck bringt. Eher wahrscheinlich ist der höhere Wert der Verdaulichkeit der OM aus dem Versuch mit 35 % Vinasseanteil anzunehmen, da hier die Kompensation einer geringeren Faserverdaulichkeit der Grassilage bei geringerer Fasermenge auf eine größere Menge organischer Masse der Vinasse angerechnet wird. Eine relativ hohe Verdaulichkeit der organischen Masse der Vinasse wird durch die Literaturübersicht von HARMS (2003) zur Verdaulichkeit von Zuckerrübenvinassen unterschiedlicher Endproduktherkünfte zwischen 70 und 85 % bestätigt. Der energetische Wert des Futtermittels Vinasse wird demzufolge fast ausschließlich durch die Höhe des nichtorganischen Anteils bestimmt. Berechnet man den für Melasserest in den DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (AfB 1997) ausgewiesenen Energiegehalt von 5,59 MJ NEL/kg TS auf einen OS-Anteil von 88 % (demineralisiert), könnte auf einen Energiegehalt von 7,3 MJ NEL/kg TS extrapoliert werden.

Die Vinasse der Charge II enthielt etwa ebensoviel Rohasche, Rohfett und NfE wie Charge I. Der Unterschied zwischen beiden Vinassen bestand darin, dass Charge II noch etwa 20 % Rohzucker enthielt. Geprüft wurde diese Charge mit einer Grassilage, die vergleichsweise geringe Faserverdaulichkeiten aufwies gegenüber der für die Prüfung der Charge I genutzten Grassilage. In diesem Fall war die Verdaulichkeit der Faserkennzahlen der Gesamtration gegenüber der reinen Grassilage eher erhöht bzw. gleich. Offenbar führte hier der Zusatz von

30 % Vinasse zur Grassilage nicht zu einer Verschlechterung der Verdauungsbedingungen für die Grassilage, sondern eher noch zu einer Verbesserung. Es errechnet sich ein Energiegehalt für Vinasse II von 12,9 MJ ME/kg TS bzw. 8,3 MJ NEL. Unter Berücksichtigung des für Vinasse ungewöhnlich hohen Zuckergehaltes von >20 % der TS ist dieser Wert eher als zu hoch einzuschätzen, wobei eine hohe Verdaulichkeit der organischen Substanz unbestritten bleibt. Für eine Tabellierung von repräsentativen Verdaulichkeitsquotienten bzw. des Energiegehaltes bleibt abzuwarten, bei welcher Nährstoffzusammensetzung sich eine Standardqualität dieses Produktes einstellt.

Topinamburkraut

Bei der landwirtschaftlichen Nutzung des Topinambur ist möglicherweise auch der jüngere oberirdische Pflanzenteil von Bedeutung für die Grundfütterversorgung von Wiederkäuern. Systematisch erhobene neuere Daten zum Futterwert des Topinamburkrautes in Abhängigkeit vom Vegetationsstadium sind nicht vorhanden. Im Futtermitteltabellenwerk des Oskar-Kellner-Institutes für Tierernährung Dummerstorf-Rostock (Nehring u.a. 1970) finden sich jedoch Futterwertangaben für junges Kraut sowie zum Zeitraum vor der Knollenernte bzw. zur Knollenernte (Herbst). Eine nähere Beschreibung gibt es dazu nicht. Die Verdaulichkeit der Energie des Krautes sinkt von jung bis zur Ernte der Knollen von 61 auf 50 %, der Rohfasergehalt steigt von 24 auf 34 % der TS. Grundsätzlich gilt auch für das Topinamburkraut, dass mit fortschreitendem Vegetationsstadium der Futterwert für Wiederkäuer sinkt. Insofern ergibt sich ein Zielkonflikt zwischen Knollenernte und Nutzung des Krautes.

Die Untersuchungen zur Verdaulichkeit des Topinamburkrautes wurden an einer Charge getrockneten und pelletierten Materials (Ernte 2006) sowie an einer Charge silierten Topinamburkrautes (Ernte Beginn August 2007) vorgenommen. Die Inhaltsstoffe der untersuchten Chargen sind in Tabelle 17 wiedergegeben.

Tabelle 17: Nährstoffgehalt von im Sommer geerntetem Topinamburkraut

	TS	XA	XP	XL	XF	NfE	Mo- nos.	NDF	ADF	NFC
	g/kg	g/kg TS								
getrocknet, pelletiert	881	62	75	9	219	635	175	391	355	463
Siliert, Ernte August	227	106	97	14	248	534	4	514	418	269
Nehring u.a. 1970 jung	150	133	140	13	240	473	n.a.			
vor Knollenernte	175	109	114	11	291	474	n.a.			
z.Z. Knollenernte	200	95	90	5	340	470	n.a.			

Beide Topinamburkrautchargen wurden im Differenzversuch mit Grassilagen geprüft bei einem Anteil zwischen 60 und 70 % der TS der Präfration.

Die Ergebnisse werden vergleichend mit den Angaben des Futtermitteltabellenwerkes (Nehring u.a. 1970) in Tabelle 18 gezeigt. Generell bestätigt sich der geringe energetische Futterwert von Topinamburkraut, wie er von Nehring u.a. (1970) nachgewiesen wurde, auch wenn sich der Rohnährstoffgehalt teilweise anders darstellt. Auffallend ist der sehr niedrige Rohfasergehalt im aktuell untersuchten Material, der zu dem „jung“ geschnittenen Kraut (Nehring u.a. 1970) passt. Jedoch ist der ADF_{org}-Gehalt wie auch dessen Anteil an der NDF_{org} dagegen als sehr hoch anzusehen. Die sehr niedrige Verdaulichkeit der organischen Substanz und damit der niedrige Energiegehalt werden dadurch eher erklärt.

Bei sorgfältiger Ernte und Konservierung (geringe mineralische Anteile) eignet sich Topinamburkraut aufgrund des geringen Energiegehaltes eher als Sättigungsfutter bei der Versorgung niedrigleistender, güster bzw. niedertragender Wiederkäuer.

Tabelle 18: Verdaulichkeit (%) der Rohnährstoffe und Energiegehalt von getrocknetem und siliertem Topinamburkraut

	OM	XL	XF	NfE	NDF _{org}	ADF _{org}	NFC	ME
	%							MJ/kg TS
getrocknet, pelletiert	59	0	39	73	30	34	93	8,3
Siliert, Ernte August	55	44	27	69	43	31	83	7,4
Nehring u.a. 1970 jung	64	46	48	74				8,5 ¹⁾
vor Knollenernte	59	40	44	70				7,9 ¹⁾
z.Z. Knollenernte	53	30	39	66				7,2 ¹⁾

1) Berechnet nach AfB, 1997

4 Vereinfachte Schätzung des Energiegehaltes von Mischrationen aus der Wiederkäuerfütterung

Während des Zeitraums 1998 bis 2008 wurden im Institut für Tierproduktion für unterschiedliche Fragestellungen 18 Verdaulichkeitsuntersuchungen an Mischrationen durchgeführt mit insgesamt 107 Tiereinzelwerten. Von diesen 18 Verdaulichkeitsuntersuchungen wurden 12 Versuche mit 72 Tiereinzelwerten durch die Analyse der Enzymlöslichkeit (ELOS) nach DeBoever u. a. (1986) ergänzt, so dass eine vergleichende Schätzung des Energiegehaltes nach AfB (2004) möglich ist. Die Variation der Nährstoffgehalte der Mischrationen wie auch der ELOS und der Verdaulichkeit der OS am Hammel (VOS_{in vivo}) zeigt Tabelle 19.

Tabelle 19: Chemische Zusammensetzung sowie Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) und VOS_{in vivo} der untersuchten Mischrationen

Variable		N	Mittelwert	Min	Max
TS	g/kg	18	429	340	515
XA	g/kg TS	18	82	68	97
XP	g/kg TS	18	170	134	215
XL	g/kg TS	18	35	26	49
XF	g/kg TS	18	174	127	230
XX	g/kg TS	18	540	500	572
OR	g/kg TS	18	710	653	747
ADF _{org}	g/kg TS	18	215	156	318
NDF _{org}	g/kg TS	18	390	274	484
NFC	g/kg TS	18	323	251	401
Zucker	g/kg TS	18	53	26	78
ELOS Friedel	g/kg TS	2	866	861	871
ELOS DeBoever	g/kg TS	12	732	623	781
VOS _{in vivo}	%	18	79,4	67,6	86,4

Der Vergleich der am Hammel ermittelten Energiegehalte mit der Schätzung nach AfB (2004) unter Verwendung der ELOS nach DEBOEVER ($ME_{in\ vivo} - ME_{geschätzt}$; $n=72$ Tiereinzelwerte) erbrachte eine mittlere Abweichung von 0,00 MJ ME/kg TS (-0,7 bis 1,3) bei einem Standardfehler von 0,44 MJ ME/kg TS und einer Korrelation $r=0,65$. Für zwei der in diese Auswertung einbezogenen Verdaulichkeitsuntersuchungen wurde in der dazu gehörigen Auswertung (LOSAND U. A., 2008) festgestellt, dass die Nährstoffzusammensetzung der für die Verdaulichkeitsuntersuchungen gezogenen Proben nicht der Mischanweisung für die Ursprungscharge der Milchkuhfütterung entsprach. Als Ursache wurde eine Unkorrektheit bei den Probenahmen diskutiert, so dass auch die wirkliche Zusammensetzung der im Verdauungsversuch geprüften Teilcharge durch die Probennahme möglicherweise unkorrekt wieder gegeben wurde. Im Ergebnis kann deshalb in diesem Fall eine Unterschätzung des Energiegehaltes durch Fehler in der Probenahme nicht ausgeschlossen werden. Werden diese beiden Versuche aus dem Vergleich ausgeschlossen, verringert sich der Schätzfehler deutlich auf 0,26 MJ ME/kg TS bei einer Erhöhung der Korrelation auf $r=0,88$.

Als Fazit dieser Auswertung kann die vom AfB (2004) empfohlene Schätzgleichung für Mischrationen auf Basis der Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) nach DEBOEVER bestätigt werden. Die repräsentative Beprobung von Mischrationen für die Wiederkäuerfütterung ist jedoch eine Herausforderung an den Probennehmer und insofern von vorrangiger Bedeutung für die Aussage der TMR-Analytik.

5 Überlegungen zur weiteren Standardisierung von Verdaulichkeitsuntersuchungen mit Grund- und Konzentratfuttermitteln an Hammeln zur Tabellierung für Wiederkäuer

„Bei der Bestimmung der Nährstoffverdaulichkeit muss abgesichert werden, dass durch weitgehende Standardisierung der versuchsmethodischen Voraussetzungen

- nicht futtermittelabhängige Einflussfaktoren auf die Höhe der Verdaulichkeit weitgehend ausgeschaltet bzw. konstant gehalten werden, um
 - eine gute Reproduzierbarkeit und damit
 - eine weitgehende Additivität des energetischen Futterwertes bei der Kombination von Futtermitteln zu bedarfsdeckenden Rationen

zu erreichen“ (SCHIEMANN, 1981).

Ausgangspunkt für die Überlegungen zur Weiterentwicklung bestehender Vorgaben zur Durchführung von Verdaulichkeitsuntersuchungen an Hammeln sind zum einen die zu allgemein gehaltenen Vorgaben zur Rationsgestaltung in den „Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern“ AfB (1991), die Restriktionen von SCHIEMANN (1981) bezüglich der Gültigkeit von Verdaulichkeitsbestimmungen, die in den Leitlinien des AfB (1991) keine Berücksichtigung finden sowie die in der vorliegenden Auswertung gefundene Abhängigkeit der Ergebnisse von der Einhaltung von Grenzbedingungen der Prüfration, die eine Additivität der Ergebnisse eingeschränkt erscheinen lassen. Im Einzelnen betrifft das folgende Feststellungen:

- SCHIEMANN (1981) fordert u. a. für die Akzeptanz (Gültigkeit) der Ergebnisse eines Verdauungsversuches eine Mindestverdaulichkeit der Energie von 65 % und eine maximale Verdaulichkeit von 75 %.
- Die zu beobachtende Überschätzung der Verdaulichkeit von Futtermitteln im Differenzversuch bei geringen Anteilen in der Prüfration mit einem faserreichen Beifutter muss als Verbesserung der Verdaulichkeit des Beifutters durch den Zusatz des Prüffutters interpretiert werden. Dieser Effekt scheint aber abhängig zu sein von der Nährstoffverdaulichkeit des Beifutters selbst, wie z.B. die Untersuchungen an der Vinasse zeigen. Die Allgemeingültigkeit der vorher durchgeführten Verdaulichkeitsbestimmung am Beifutter ist deshalb zunächst in Frage zu stellen.

- Bei sehr hohem Fasergehalt in der gesamten Prüfration war eine verminderte Verdaulichkeit der Pressschnitzel beobachtet worden.
- Zu geringe Fasergehalte in der gesamten Prüfration führten ebenfalls zu einer verminderten Verdaulichkeit von Pressschnitzeln.
- Sehr hohe Rohzuckergehalte in der gesamten Prüfration verminderten signifikant die Faserverdaulichkeit von Pressschnitzeln.
- Maissilagen mit einer sehr hohen Verdaulichkeit ($VOS > 75\%$) werden im Hammelversuch wegen tendenzieller Verdaulichkeitsdepressionen (Faserverdaulichkeit) teilweise energetisch unterschätzt.

Bei den Überlegungen zur weiteren Standardisierung der Verdaulichkeitsbestimmungen mit Hammeln muss auch eine Rolle spielen, dass reproduzierbare und additive Verdaulichkeitsangaben für Futtermittel erzeugt werden sollen, die in aller Regel in energetisch und nährstoffseitig ausbalancierten Rationen für die Erzielung tierischer Leistungen eingesetzt werden. Dabei sind hohe tierische Leistungen auch an die Erstellung wiederkäuergerechter Rationen gebunden. Das heißt, dass reproduzierbare Ergebnisse zur Verdaulichkeit unter Bedingungen zu erarbeiten sind, die im Bereich der Fütterung leistungsgerechter Rationen liegen. Insofern können die bereits vorhandenen Leitlinien für die Durchführung von Verdaulichkeitsbestimmungen präzisiert und ergänzt werden:

- Entscheidend für die Akzeptanz der Ergebnisse eines Verdauungsversuches sind die Bedingungen für die Vormagenverdauung, die die gesamte Prüfration schafft, unabhängig davon, ob es sich um die Prüfung eines Alleinfutters oder um einen Differenzversuch handelt.
- Die Prüfration sollte sich an den Rahmenkennzahlen für die Gestaltung einer wiederkäuergerechten Ration von Milchkühen im Leistungsbereich zwischen hochtragenden, trocken gestellten und hochleistenden Milchkühen orientieren (z. B. DLG 2001). Die Anforderungen an eine Prüfration könnten wie folgt formuliert werden:
 - Fasergehalt aus Raufutter
 - mindestens 10 % Rohfaser bzw. 20 % NDF_{org} in der TS
 - maximal 20 % Rohfaser bzw. 41 % NDF_{org} in der TS
 - Rohproteingehalt
 - mindestens 12 % in der TS
 - Rohzuckergehalt
 - maximal 7 % in der TS
 - Gehalt an Stärke und Zucker
 - maximal 30 % in der TS
 - Energiegehalt
 - mindestens 9,5 MJ ME/kg TS
- Silomais, frisch oder siliert, ist wegen seiner hohen Anteile an Stärke, der tendenziell niedrigen Fasergehalte und der oftmals unzureichenden physikalischen Struktur als Futtermittel mit „Krafftuttercharakter“ zu behandeln und generell in Kombination mit einem faserreichen Beifutter im Differenzversuch zu prüfen.
- Um nichtadditive Effekte bei der Prüfung von Futtermitteln mit Krafftuttercharakter in Kombination mit Raufutter auszuschließen, sind auch bei der vorherigen Prüfung dieses Raufutters die „Rahmenbedingungen“ einzuhalten.

Literatur

- AfB [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (1991): Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen an Wiederkäuern. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 65, 229-234
- AfB 1997: DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. erweiterte und überarbeitete Auflage, DLG-Verlag Frankfurt
- AfB [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (1998): Mitteilungen des AfB: Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwülsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 7, 141-150
- AfB [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2004: Prediction of Metabolizable Energy (ME) in total mixed rations (TMR) for ruminants. Communications of the Committee for Requirement Standards of the Society of Nutrition Physiology. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 13, 195-198
- AfB [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2008: Communications of the Committee for Requirement Standards of the Society of Nutrition Physiology: New Equations for Predicting Metabolizable Energy of Grass and Maize Products for Ruminants. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17, 191-198
- ALERT, H.J.; LOSAND, B.; PRIEBE, R. (2007): Energetische Bewertung von Roggenpressschlempe beim Wiederkäuer. 119. VDLUFA-Kongress in Göttingen, 18. – 21. September 2007, Kurzfassung der Referate, S. 105
- Autorenkollektiv 2006: Praxishandbuch Futterkonservierung – Silagebereitung, Siliermittel, Dosiergeräte, Silofolien – 7. überarbeitete Auflage 2006. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main
- DE BOEVER, J.L.; COTTYN, B.G.; BUYSSE, F.X.; WAINMAN F.W. und VANACKER, J.M. (1986): The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. Anim. Feed Sci. Technol. 14, 203-214
- DE BRABANDER, D.L.; DE BOEVER J.L.; VANACKER J.M.; BOUCQUE CH. V. und S.M. BOTTERMAN (1999): Evaluation of physical structure in dairy cattle nutrition. In: Recent Advances in Animal Nutrition, P.C. Garnsworthy, and J. Wiseman (Eds.). Nottingham University Press Loughborough UK 111-145
- DLG Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung (2001): Empfehlungen zum Einsatz von Mischrationen bei Milchkühen. DLG-Information 1/2001, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V., Frankfurt a. M.
- DLG Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung (2009a): Bewertung von Einzelfuttermitteln – Futterwert und Einsatz von getrockneter Weizen und Weizen/Gerste-Schlempe aus der Bioethanolproduktion beim Rind. Stand November 2009, www.futtermittel.net, Fachinfos Futtermittel allgemein
- DLG Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung (2009b): Bewertung von Einzelfuttermitteln – Futterwert und Einsatz von Roggenpressschlempe aus der Bioethanolproduktion beim Rind. Stand November 2009, www.futtermittel.net, Fachinfos Futtermittel allgemein, in Vorbereitung
- GfE Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 1995, zit. in AfB 1997
- HARMS, ANKE ENNA (2003): Untersuchungen zum Futterwert von expandierten Trockenschnitzeln sowie von Vinasse beim Rind, Inaugural-Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- HENNEBERG, W. und STOHMANN, F. (1860): Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer. Heft 1, Braunschweig
- HOFFMANN, M., (HERAUSG.) (1990): Tierfütterung, Dt. Landwirtschaftsverlag Berlin, 2. Aufl.

- LOSAND, B.; SANFTLEBEN, P.; REHBOCK, F.; ELKE BLUM; MARION JAKOBS; HEILMANN, H. (2008): Futterwertermittlung von Vinasse aus der Bioethanolgewinnung mit Zuckerrübenschnitzelsaft und Durchführung eines Fütterungsversuches mit Milchkühen; Forschungsbericht Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft M-V; www.lfamv.de
- LOSAND, B.; PRIES, M.; ANNETTE MENKE; THOLEN, E.; GRUBER, L.; HERTWIG, F.; JILG, T.; KLUTH, H.; SPIEKERS, H.; STEINGAB H. und K.H. SÜDEKUM (2007a): Schätzung des Energiegehaltes in Grasprodukten – Bericht zum Stand neuer Ableitungen. Forum Angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung 28./29.03.2007 in Fulda, Tagungsunterlage: 105 – 109
- LOSAND, B.; SANFTLEBEN, P.; MARION JAKOBS; ELKE BLUM; JANA FLOR; BÄRBEL SCHWARZ; HAL-LIER B. (2007b): Verdaulichkeitsuntersuchungen an mit und ohne Verwendung von Silierhilfsmitteln (SHM) silierten Pressschnitzeln (Pressschnitzelsilage PSS) bei variierenden Anteilen an der Prüfration und mit verschiedenen Beifuttern. Teilbericht zum Pressschnitzelsilage-Verbundprojekt 2006/07, Auftraggeber: Verein der Zuckerindustrie
- NRC National Research Council (1989): Nutrient Requirements of Dairy Cattle, Sixth Revised Edition, Update 1989, National Academy Press. Washington D.C.
- NRC National Research Council (2001): Nutrient Requirements of Dairy Cattle, Sixth Revised Edition, 2001, National Academy Press. Washington D.C.
- NEHRING, K.; BEYER, M. und B. HOFFMANN (1970): Futtermitteltabellenwerk. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin
- NEHRING, K. und K. FRIEDEL (1985): Gedanken zur Schätzung des energetischen Futterwertes, 2. Mitteilung: Erweiterte Betrachtungen zur Schätzung des energetischen Futterwertes für Rinder; Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Naturwissenschaftliche Reihe 34, Heft 2
- PREIBINGER, W.; OBERMAIER, A.; KATRIN SÖLDNER UND O. STEINHÖFEL (2008): Biertreber – Futterwert, Konservierung und erfolgreicher Einsatz beim Wiederkäuer, LfL-Information, Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, 1. Auflage
- PRIES, M.; LOSAND, B.; ANNETTE MENKE; THOLEN, E.; GRUBER, L.; HERTWIG, F.; JILG, T.; KLUTH, H.; SPIEKERS H.; STEINGAB, H.; SÜDEKUM K.-H. (2007): Schätzung des Energiegehaltes in Grasprodukten; Kongressband 119. VDLUFA-Kongress, Göttingen
- PRIES, M. und ANNETTE MENKE (2009): persönliche Mitteilung
- SCHIAMANN, R. (1981): Methodische Richtlinien zur Durchführung von Verdauungsversuchen für die Futterwertschätzung. Arch. Tierernährung 31, Heft 1, 1-19
- VAN SOEST P. J. (1963): Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J. Ass. Offic. Agr. Chem. 46, 829-35