

Einfluss der Futterkonservierung auf die Strukturwirksamkeit von Grundfutter

A. STEINWIDDER

1. Einleitung

Mit steigendem Leistungspotential gewinnt die Optimierung der Nährstoffversorgung an Bedeutung. Neben der bedarfsgerechten Energie-, Protein-, Mineral- und Wirkstoffversorgung muss zunehmend auch der Strukturversorgung (ADF, NDF, Rohfaser, Stärke etc.) Augenmerk geschenkt werden. FLACHOWSKY et al. (2000) führen folgende Faktoren in der Milchviehfütterung als besonders leistungsbegrenzend an:

- Energie- und Nährstoffaufnahme bei Mindestmenge an „Struktur“
- Abbau- und Synthesevermögen der Mikroorganismen in den Vormägen
- Mobilisation von Nährstoffen im Körper und Syntheseleistungen von Leber und Milchdrüse

Vor allem bei Einsatz höherer Kraftfuttermengen können nur unter Berücksichtigung von Strukturparametern Störungen der Pansenverhältnisse und negative Auswirkungen auf die Tiergesundheit (Stoffwechsel, Klauen, Euter etc.) verhindert werden. Die Zusammensetzung der Kohlenhydratfraktion beeinflusst die Säurebildung und das Mikrobewachstum, reguliert die Wiederkautätigkeit und indirekt den pH-Wert des Pansens sowie die Futteraufnahme. Im folgenden Beitrag sollen die Einflüsse der Futterkonservierung auf die Strukturwirksamkeit von Grundfutter dargestellt werden.

2. Parameter zur Bewertung der Strukturwirksamkeit

Zur Strukturbewertung von Milchviehrationen werden eine Vielzahl von Parametern herangezogen. Dabei kann zwischen chemischen, physikalischen, chemisch-physikalischen und subjektiven Parametern unterschieden werden.

In *Tabelle 1* ist eine Literaturübersicht zu den chemisch feststellbaren Grenzwerten angeführt. Vorwiegend werden

dabei Mindestmengen an Strukturkohlenhydraten (NDF, NDFGrundfutter, ADF, XF, str. XF etc.) bzw. Höchstmengen an rasch pansenfermentierbaren Nährstoffen (Zucker, abbaubare Stärke, NFC etc.) als Grenzwerte definiert.

Zu den physikalischen Methoden zählen vorwiegend Siebeinrichtungen zur Ermittlung der Partikellänge des Futters. Die physikalische Struktur des Futters wird daher vom technischen Aufbereitungsverfahren (Zerkleinerungsgrad) wesentlich bestimmt. Zusätzlich muss aber auch der Trockenmassegehalt (Anwolkgrad, Vegetationsstadium) berücksichtigt werden. Die Strukturwirksamkeit steigt mit zunehmendem Trockenmassegehalt von Rationskomponenten leicht an. Zu den chemisch-physikalischen Parametern zählen der Gehalt an strukturierter Rohfaser (MENKE 1987, HOFF-

MANN 1990), der Gehalt an effektiver NDF (CNCPS 1990) und der belgische Strukturwert (DE BRABANDER et al. 1999). Zu den subjektiven Methoden zur Evaluierung der Strukturversorgung können die Beobachtung der Wiederkautätigkeit, der Klauengesundheit sowie der Kotkonsistenz gezählt werden.

Die Rationszusammensetzung und das Fütterungssystem hat einen direkten Einfluss darauf, welcher der oben genannten Parameter „erstlimitierend“ wird. Trotz der Vielzahl von Grenzwerten kann aber nicht in jedem Fall die Wiederkäuergerechtigkeit vollständig abgeschätzt werden. Die Komplexität der Wiederkautätigkeit, Speichelbildung, Pansenfermentation und Futterpassage erfordert daher zusätzlich die Einbeziehung von Managementfaktoren bei der Gestaltung von Rationen.

Tabelle 1: Zusammenstellung von Parametern zur Beurteilung der Strukturwirksamkeit bzw. Wiederkäuergerechtigkeit von Milchviehrationen

Parameter		Früh- laktation bis 30. Tag	Hoch- laktation nach 30. Tag	Trocken Tagen v. d. Abkalbung		Quelle
				60. – 21. letzten 21		
Rohfaser	min.	15 % bei TMR				DLG 2001
struktur. Rohfaser	min.	400 g / 100 kg LM		2,4 kg	1,9 kg	Hoffmann 1990
struktur. Rohfaser	min	10 %	9 % (7)			Menke 1987
NDF	min.	28 %	25 %	40 %	32 %	NRC 1989NDF
aus Grundfutter	min.	21 %	19 %	30 %	24 %	
ADF	min	21 %	19 %	30 %	24 %	
NDF	min.	30 %	28 %	40 %	32 %	Hutjens 1996
Grundfutter-NDF	min.	22 %	21 %	30 %	24 %	(Praxis)
ADF	min.	21 %	19 %	30 %	24 %	
effektive NDF	min.	eNDF=LG*(0,75*(0,8–(0,004*Lak. tag)))				CNCPS 1990
Strukturwert SW	min.	> 1	> 1			De Brabander et al. 1999
		anpassen anpassen				Hoffmann1993
Stärke + Zucker	max.	20-25 %				
		davon max. 12 % Zucker				
Stärke + Zucker	max.	30 %				Norgaard 1990
abbaubare Stärke*	max.	20 %				Sauvant et al. 1999
		(Pansen pH > 6,25)				
Stärke*	max.	25 %				Sauvant et al. 1999
		(Pansen pH > 6,25)				
abbaubare Stärke + Zucker	max.	25 % bei TMR				DLG 2001
NFC	max.	35 %	38 %	25 %	33 %	Hutjens 1996

* Pansen pH > 6,25 => enge Grenze

Autor: Dr. Andreas STEINWIDDER, BAL Gumpenstein, Institut für Viehwirtschaft und Ernährungsphysiologie landw. Nutztiere, A-8952 IRDNING

Tabelle 2: Veränderungen des Nährstoffgehalts von Grünlandfutter im Vegetationsverlauf (Grassilage, DLG 1997)

		Schossen	Ähren-/ Rispsensch.	Beginn Blüte	Ende Blüte	nach Blüte
NEL	MJ/kg T	6,2	6,1	6,0	5,8	5,5
XP	g/kg T	181	150	136	130	106
XF	g/kg T	228	258	286	312	358
str. XF _{Menke}	g/kg T	182	206	229	250	286
str. XF _{Hoffmann}	g/kg T	162	211	263	316	358
NDF	g/kg T	424	459	492	526	583
ADF	g/kg T	292	302	319	341	368
ADL	g/kg T	33	32	34	37	42
NFC	g/kg T	261	254	237	211	183
SW _{De Brabander}	SW/kg T	2,7	3,0	3,4	3,7	4,3

3. Einfluss der Grundfutterkonservierung auf die Strukturwirksamkeit

3.1 Vegetationsstadium und Nährstoffgehalt

3.1.1 Grünlandfutter

Zu Beginn der Vegetation intensivieren Grünlandpflanzen die Bildung von Assimilationsflächen. Der relative Anteil der Blätter an der Gesamtpflanze ist daher groß. Blätter enthalten mehr verfügbare Nährstoffe als die Stängel. Mit fortschreitender Vegetation nimmt der Stängelanteil bis zur Blüten- und Samenbildung ständig zu. Da der Stängel einen hohen Gehalt an Gerüstsubstanzen wie Hemizellulose, Zellulose und Lignin aufweist, nimmt mit fortschreitendem Vegetationsstadium die Strukturwirksamkeit von Grünlandfutter zu (Tabelle 2).

DE BRABANDER et al. (1999) untersuchten die Auswirkungen des Vegetationsstadiums einer Anweilensilage auf die Fress-, Wiederkau- und Kauzeit mit Milchkühen (Tabelle 3).

Mit zunehmendem Strukturkohlenhydratanteil nahm die Kautätigkeit signifikant zu. Im Durchschnitt erhöhte sich je 10 g Rohfaseranstieg die Kauaktivität um 3,2 Minuten je kg T Grassilage.

Tabelle 3: Einfluss des Vegetationsstadiums auf die Kautätigkeit von Milchkühen (DE BRABANDER et al. 1999)

NDF	g/kg T	437	515
Fresszeit	min/kg T	23,0	26,9
Wiederkauzeit	min/kg T	44,0	52,7
Gesamtkauzeit	min/kg T	67,0	79,6

3.1.2 Maissilage

Der Sortenauswahl und dem Erntezeitpunkt von Maissilage kommen in der Praxis große Bedeutung zu, da dadurch sowohl der Gesamtertrag pro ha als auch der Energiegehalt pro kg Trockenmasse beeinflusst werden. Die Inhaltsstoffe und die Verdaulichkeit der Maissilage werden dabei von der Veränderung in der Restpflanze und im Kolben sowie deren relative Anteile an der Gesamtpflanze bei der Silierung bestimmt. Die Ergebnisse in den Tabellen 4 und 5 zeigen, dass mit fortschreitendem Reifegrad der NFC und insbesondere der Stärkeanteil deutlich ansteigt während sich die Gehalte an NDF, ADF und XF verringern. Wie belgische Untersuchungen zeigen, geht mit fortschreitendem Reifegrad die Struktur-

Tabelle 4: Veränderungen des Nährstoffgehalts von Maissilage bei Ernte in unterschiedlichen Reifestadien (WIEDNER et al. 2001)

		Milchreife	Teigreife früh	Teigreife spät	Körnerreife
NEL	MJ/kg T	6,0	6,2	6,3	6,4
XP	g/kg T	84	80	77	76
XF	g/kg T	244	224	210	199
str. XF _{Menke}	g/kg T	134	123	116	109
str. XF _{Hoffmann}	g/kg T	244	224	210	199
NDF	g/kg T	501	468	444	428
ADF	g/kg T	270	247	231	220
ADL	g/kg T	27	25	23	22
NFC	g/kg T	345	385	413	431
SW _{De Brabander}	SW/kg T	2,1	1,9	1,8	1,7

Tabelle 5: Veränderungen des Nährstoffgehalts einer Maissilagesorte (Hudsen) in Abhängigkeit vom Reifestadium bei der Ernte (CAMMEL et al. 2000)

T	g	226	278	319	357
GE	MJ/kg T	19,9	19,4	19,2	19,2
XP	g/kg T	84	76	68	76
NDF	g/kg T	512	436	406	413
ADF	g/kg T	268	229	210	207
Stärke	g/kg T	180	263	327	401
NFC	g/kg T	340	424	466	452
SW _{De Brabander}	SW/kg T	2,5	2,0	1,9	1,9

wirksamkeit von Maissilagen zurück (DE BRABANDER et al. 1999). Je 10 g Rohfaseranstieg erhöhte sich im Durchschnitt die Kauzeit bei Milchkühen um 2,7 Minuten je kg T Maissilage.

3.2 Konservierungsart, Nährstoffverluste sowie Nährstoffabbau und Trockenmassegehalt

Die Vorlageform (frisch bzw. konserviert) bzw. die Konservierungsart (z.B. Silage oder Heu) beeinflusst sowohl den Nährstoff- als auch den Trockenmassegehalt des Grünlandfutters.

Durch Grassilage- bzw. Heubereitung verringert sich im Vergleich zum Grünfutter der Zucker-, NfE- bzw. NFC-Gehalt. Gleichzeitig kommt es zu einem relativen Anstieg an Strukturkohlenhydraten (Tabelle 5). Je nach Konservierungsart bzw. Konservierungsverfahren sind die Auswirkungen auf den Kohlenhydratgehalt unterschiedlich stark ausgeprägt. Beispielsweise geht der Gehalt an NfE, NFC bzw. Zucker, bei gleichem Ausgangsmaterial, von heißluftgetrocknetem Heu über Bodenheu, angewellter Grassilage bis zur Nasssilage zurück und steigt im Durchschnitt der Gehalt an Gerüstsubstanzen an. In Untersuchungen von HOLDEN et al. (1994) zeigten sich auch Auswirkungen der Futtervor-

Tabelle 6: Auswirkungen der Futterkonservierung auf den Nährstoffgehalt sowie auf Pansenparameter nach Verfütterung (HOLDEN et al. 1994)

		Grünfütter (Weide)	Heu	Grassilage
Nährstoffgehalt - Futter				
Trockenmasse	%	17,2	88,4	33,9
Rohprotein	%	17,1	17,4	16,9
Pansenabbaubares XP (RDP)	%	14,4	12,2	13,4
Lösliches XP (SP)	%	4,9	4,6	11,0
ADF	%	26,0	28,5	28,9
NDF	%	49,4	63,5	55,9
NFC	%	30,5	21,6	21,5
T-Aufnahme				
	kg	13,0	13,7	13,1
Pansenparameter				
Kurzkettige Fettsäuren	mmol/l	131,7 ^a	118,4 ^b	118,4 ^b
Essigsäure	%	71,0	73,2	71,3
Propionsäure	%	17,1	18,0	18,8
Buttersäure	%	8,9 ^a	6,4 ^b	7,2 ^b
Ammoniak-Stickstoff	mg/dl	13,7 ^a	10,9 ^b	11,0 ^b

Tabelle 7: Strukturwert von Grundfuttermitteln (DE BRABANDER et al. 1999)

Qualität (Vegetationsstadium)	Grünfütter ¹⁾	Grassilage	Heu	Maissilage ³⁾
Rohfaser				
20 %	-	2,3	2,4	1,7
23 %	1,8 (2,6) ²⁾	2,7	2,8	2,0
26 %	-	3,1	3,2	2,2
29 %	-	3,4	3,6	-

¹⁾ nur ein Wert angegeben: Rohfasergehalt im Durchschnitt bei 23 %

²⁾ () = Herbstgras (weniger Zucker, geringere Verdaulichkeit, höherer Mahlwiderrstand)

³⁾ Häcksellänge 6 mm

lageform auf das Pansenmilieu (Tabelle 6). Bei vergleichbarer T-Aufnahme weisen die Kühe nach Grünfütteraufnahme im Pansen die höchsten Konzentrationen an kurzkettigen Fettsäuren und im Durchschnitt auch die niedrigsten pH-Werte auf. Diese Ergebnisse bestätigen, dass sowohl Unterschiede in der Futterstruktur als auch in der Nährstofffreisetzung im Pansen, in Abhängigkeit von der Futtervorlageart, bestehen.

Neben dem Gehalt an Strukturkohlenhydraten wird die Kauaktivität des Rindes bzw. die Strukturwirksamkeit von Futterkomponenten auch vom Trockenmassegehalt beeinflusst. In Untersuchungen von DE BRABANDER et al. (1999) ergab sich für Heu im Vergleich zu angelegelter Grassilage, bei gleichem Rohfasergehalt, im Mittel eine um 6 % höhere Kauaktivität (Tabelle 7). MEYER et al. (1964) stellten Untersuchungen zur Speichelbildung an. Bei Luzerneheuverfütterung war diese im Vergleich zur Luzernesilagefütterung um durchschnittlich 20 % erhöht. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass mit zunehmendem Trockenmassegehalt die Struktur-

wirksamkeit (Sperrigkeit, Zerkleinerung und Abbaubarkeit etc.) der Futterpartikel leicht zunimmt.

3.3 Partikellänge - mechanische Zerkleinerung bei der Ernte und Futtervorlage

Neben dem Nährstoffgehalt, dem Vegetationsstadium (Gehalt an Strukturkohlenhydraten) der Konservierungsart und dem Trockenmassegehalt beeinflusst auch die Partikellänge die Strukturwirksamkeit der Ration. Die Partikellänge beeinflusst das Kau- und Wiederkauverhalten, den Speichelfluss und daher über

Tabelle 8: Kauindex von Grassilage (Raygras) in Minuten pro kg T (DE BOEVER et al. 1993)

	n	Fressen min/kg T	Wiederkauen min/kg T	Kauen gesamt min/kg T
Vegetationsstadium				
42 – 46 % NDF	10	23,0 (4,0) ²⁾	43,9 (2,8)	66,9 (6,2)
46 – 50 % NDF	4	26,6 (4,3)	47,2 (6,5)	73,7 (9,1)
50 – 55 % NDF	5	27,7 (4,4)	55,4 (4,8)	83,1 (8,8)
Partikellänge ¹⁾				
> 5 cm	4	23,7 (1,8)	48,2 (4,7)	71,9 (5,6)
1 – 3 cm	15	25,3 (5,0)	47,5 (6,9)	72,8 (11,0)

¹⁾ Median der Partikellängenfraktionen

²⁾ Standardabweichung

die Regulierung des pH-Wertes die Fermentation im Pansen. Starke Zerkleinerung erhöht außerdem die Passagerate des Futters.

DE BOEVER et al. (1993) untersuchten den Einfluss der Häcksellänge von Grassilage auf das Fress-, Wiederkau- und Kauverhalten von Milchkühen (Tabelle 8). Bei einer Häcksellänge über 1 cm (> 5 cm bzw. 1 - 3 cm) wurde kein signifikanter Einfluss auf das Kau- und Wiederkauverhalten festgestellt.

Untersuchungen von BEAUCHEMIN et al. (1994) weisen jedoch darauf hin, dass bei stärkerer Zerkleinerung des Grundfutters ein Effekt auf die Kauaktivität erwartet werden muss. Bei einem Vergleich von Luzernesilage mit einer theoretischen Häcksellänge von 0,5 bzw. 1,0 cm verringerte sich die Wiederkauzeit (pro Tag bzw. pro kg NDF) bei intensiver Zerkleinerung signifikant (Tabelle 9). Vergleichbare Ergebnisse wurden auch von SANTINI et al. (1983) und GRANT et al. (1990) bei intensiver Zerkleinerung des Grundfutters festgestellt. BEAUCHEMIN et al. (1994) schließen aus Literaturergebnissen, dass unter einer kritischen Grenze von etwa 0,6 bis 1,0 cm ein Effekt der Zerkleinerung auf die Kauaktivität erwartet werden kann. CLARK und ARMENTANO (1997) setzten mit 0,4 bis 0,8 cm einen ähnlichen Grenzbereich an.

DE BRABANDER et al. (1999) berücksichtigen die Häcksellänge von Grassilagen nicht in der Berechnung des Strukturwerts, da feines Häckseln (Schnittlängen unter 2 cm) in der Grassilagebereitung nicht üblich ist. Im Gegensatz zur Grassilage wird bei Maissilagen auf Grund der stärkeren Zerkleinerung die Häcksellänge bei der Berechnung des

Tabelle 9: Einfluss der Partikellänge von Luzernesilage auf die Kauaktivität von Milchkühen (BEAUCHEMIN et al. 1994)

Aktivität		theoretische Partikellänge		P-Wert
		0,5 cm	1,0 cm	
Wiederkauen	min/Tag	413	443	0,002
	min/kg NDF	69,2	74,5	0,003
	min/kg NDF _{GF}	132,0	136,7	NS
	Kauschläge/Tag	25.510	27.420	0,003
	Kauschläge/g NDF	42,7	46,2	0,004
Fressen	Kauschläge/g NDF _{GF}	8,10	8,45	NS
	min/Tag	319	332	NS
	min/kg NDF	53,3	56,6	NS
	min/kg NDF _{GF}	100,8	103,6	NS
	Kauschläge/Tag	20.880	20.750	NS
	Kauschläge/g NDF	34,9	35,3	NS
	Kauschläge/g NDF _{GF}	6,60	6,26	NS

Strukturwerts berücksichtigt. Bei Unter- bzw. Überschreitung der theoretischen Partikellänge von 0,6 cm verringert bzw. erhöht sich pro Millimeter der Strukturwert um 2 %.

Die angeführten Ergebnisse zeigen, dass bei üblicher Konservierungs- und Futtervorlagetechnik bei der Verfütterung von Heu- und Grassilagen die Partikellänge keinen wesentlichen Einfluss auf die Strukturwirksamkeit ausübt. Bei der Maissilagebereitung und bei der Herstellung von Grundfutterpellets muss der Zerkleinerungsgrad in der Rationsgestaltung berücksichtigt werden. Auch eine zu intensive Futterzerkleinerung im Zuge der Herstellung von Mischrationen kann die Strukturwirksamkeit der Ration verringern.

4. Zusammenfassung

Zur Strukturbewertung von Milchviehrationen werden eine Vielzahl von Parametern herangezogen. Die Komplexität der Wiederkautätigkeit, Speichelbildung und Pansenfermentation erfordert die Berücksichtigung von chemischen, physikalischen und managementbedingten Faktoren in der Rationsgestaltung. Bei üblicher Konservierungs- und Futtervorlagetechnik dürfte die Partikellänge von Heu und Grassilage keinen wesentlichen Einfluss auf die Strukturwirksamkeit ausüben. Bei der Maissilagebereitung und bei der Herstellung von Grundfutterpellets muss der Zerkleinerungsgrad in der Rationsgestaltung berücksichtigt werden. Auch eine zu intensive Futter-

zerkleinerung im Zuge der Herstellung von Mischrationen kann die Strukturwirksamkeit der Ration verringern.

Die EDV-gestützte Rationsberechnung ist bei der Beurteilung der Strukturwirksamkeit von Milchviehrationen eine wertvolle Hilfe. Die weiteren Einflussfaktoren (Fütterungsmanagement etc.) müssen aber vor Ort objektiv bzw. subjektiv abgeschätzt und in der Rationsempfehlung berücksichtigt werden.

5. Literatur

- ASAE (American Society of Agricultural Engineers) (1993): Method for Determining and expressing particle size of chopped forage. 40th Meeting of Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph.
- BEAUCHEMIN, K.A., B.I. FARR, L.M. RODE und G.B. SCHAALJE (1994): Effects of alfalfa silage chop length and supplementary long hay on chewing and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77, 1326-1339.
- CAMMELL, S.B., J.D. SUTTON, D.E. BEEVER, D.J. HUMPHRIS und R.H. PHIPPS (2000): The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows. 1. Energy and nitrogen utilization. *Anim. Sci.* 71, 381-390.
- CLARK, P.W. und L.E. ARMENTANO (1997): Influence of particle size on the effectiveness of beet pulp fiber. *J. Dairy Sci.* 80, 898-904.
- CNCPS (The Cornell Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets (1990): A Modell für Predicting cattle requirements and feedstuff utilization. *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta.* 34, 128S.
- DE BOEVER, J.L., A. DE SMET, D.L. DE BRABANDER und C.V. BOUCQUE (1993): Evaluation of physical structure. 1. Grass silage. *J. Dairy Sci.* 76, 140-153.
- DE BRABANDER, D.L., J.L., DE BOEVER, J.M. VANACKER, C.V. BOUCQUE und S.M. BOT-

TERMANN (1999): Evaluation of physical structure in dairy cattle nutrition. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Ed. P.C. Garnsworthy und J. Wiseman, Nottingham University Press, 111-144.

- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft) (1997): DLG-Futterwerttabellen. DLG-Verlag Frankfurt, 212 S.
- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft) (2001): Empfehlungen zum Einsatz von Mischrationen bei Milchkühen. DLG-Information 1/2001. DLG-Verlag Frankfurt, 32 S.
- FLACHOWSKY, G., P. LEBZIEN und U. MEYER (2000): Zur Fütterung von Hochleistungskühen. *Züchtungskunde* 72, 471-485.
- GRANT, R.J., V.F. COLENBRAND und D.R. MERTENS (1990): Milk fat depression in dairy cows: role of silage particle size. *J. Dairy Sci.* 73, 1834-1842.
- HOFFMANN, M. (1990): Tierfütterung. Dt. Landwirtschaftsverlag Berlin, 320 S.
- HOLDEN, L.A., L.D. MULLER, G.A. VARGA und P.J. HILLARD, 1994: Ruminant digestion and duodenal nutrient flows in dairy cows consuming grass as pasture, hay or silage. *J. Dairy Sci.* 77, 3034-3042.
- HUTJENS, M.F. (1996): Practical approaches to feeding the high producing cow. *Anim. Feed Sci. Technol.* 59, 199-206.
- MENKE, K.H. (1987): Ernährungsphysiologische Grundlagen. In: *Tierernährung und Futtermittelkunde* (Menke u. Huss). Ulmer Verlag Stuttgart, 424 S.
- MEYER, R.M., E.E. BARTLEY, J.L. MORRILL und W.E. STEWART (1964): Salivation in cattle. I. Feed and animal factors affecting salivation and its relation to bloat. *J. Dairy Sci.* 47, 1339-1345.
- NORGAARD, P. (1990): The use of time spent chewing in the formulation of optimal rations for dairy cows. Tagungsbeitrag "Gerüstsubstanzen und Wiederkäuerfütterung" Karl-Marx-Universität Leipzig 6. Dez. 1990.
- NRC (National Research Council 1989): Nutrient Requirements of dairy cattle. 55-56.
- SANTINI, F.J., A.R. HARDIE, N.A. JORGENSEN und M.F. FINNER (1983): Proposed use of adjusted intake based on forage particle length for calculation of roughage indexes. *J. Dairy Sci.* 66, 811-820.
- TATAJ, M., H. STEINGASS, A. SUSENBETH, G.U. LANG und W. DROCHNER (1999): Einfluss der Partikellänge von Heu auf Verdauungsvorgänge und Futteraufnahme bei Wiederkäuern bei Variation von Kraftfutter- und Fütterungsniveau. 1. Mitteilung: Kauaktivität und Fermentation im Pansen. *Arch. Anim. Nutr.* 52, 167-184.
- WIEDNER, G., T. GUGGENBERGER und H. FACHBERGER (2001): Futterwerttabelle der österreichischen Grundfuttermittel. *Landeslandwirtschaftskammer Niederösterreich*, 125 S.