

# Einfluss von Partikellänge und Trockenmassegehalt von Grassilage bei unterschiedlichem Kraftfutterniveau auf Pansenparameter, Verdaulichkeit und Futteraufnahme von Rindern

A. STEINWIDDER<sup>\*)</sup> und E. ZEILER<sup>\*\*)</sup>

unter Mitarbeit von

J. GASTEINER, L. GRUBER, T. GUGGENBERGER, J. HÄUSLER, K. KRIMBERGER, M. KROPSCH, G. MAIERHOFER, L. PODSTATZKY, A. PÖLLINGER, E. PÖTSCH, A. SCHAUER und B. STEINER,

## 1. Einleitung

Ausreichend strukturiertes Futter ist für Wiederkäuer zur Sicherung einer unge störten Wiederkautätigkeit, der Speichelsekretion, der Schichtung des Panseninhaltes, der Pansenfermentation und somit der Tiergesundheit erforderlich. Steigende tierische Leistungen führen auf Grund der limitierten Futteraufnahmekapazität zu kraftfutterbetonenen und somit grundfutterärmeren Rationen. Das Risiko einer Strukturunterversorgung nimmt zu. Die Wiederkäuergerechtigkeit einer Ration, d.h. die ausreichende Versorgung mit strukturiertem Futter, wird wesentlich vom Kraftfutteranteil, von der Strukturwirksamkeit des Grundfutters (Partikellänge, Strukturkohlenhydrate, Trockenmasse etc.), dem Verhältnis von Struktur- zu Nichtstrukturkohlenhydraten und dem Fütterungsmanagement bestimmt (MENKE 1987, HOFFMANN 1990, PIATKOWSKI et al. 1990, ALLEN 1997, MERTENS 1997, DE BRABANDER et al. 1999, SAUVANT et al. 1999, NRC 2001, KRAUSE et al. 2002).

Bei der Ernte von Grassilagen werden an Stelle von herkömmlichen Ladewägen vermehrt auch Kurzschnittlade-

wägen bzw. selbstfahrende Feldhäcksler eingesetzt. Dadurch wird die Länge der Futterpartikel deutlich reduziert. Bei abnehmender Partikellänge kann es zu einer Zunahme der Futteraufnahme kommen (MURDOCH 1965, DULPHY und DEMARQUILLY 1975, DE BRABANDER et al. 1976, CASTLE et al. 1979, DE BRABANDER et al. 1983, DESWYSEN et al. 1984, DE BOEVER et al. 1993, MOONEY und ALLEN 1997). Ein Rückgang der Partikellänge des Grundfutters kann jedoch auch die Strukturwirksamkeit, das Kau- und Wiederkauverhalten, die Speichelproduktion, das Pansenmilieu, die Nährstoffverdaulichkeit und die Futterpassagerate verändern (SANTINI et al. 1983, WOODFORD et al. 1986, GRANT et al. 1990, SUSMEL et al. 1991, BEAUCHEMIN et al. 1994, CLARK und ARMENTANO 1997). Dabei sind auch Wechselwirkungen mit dem Trockenmassegehalt der Grassilage und dem Kraftfutterniveau denkbar.

In einem Projekt der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein wurden daher Fragen zur Strukturversorgung von Rindern auf der Grundfutterbasis Grassilage und Maissilage

bearbeitet. Neben dem Einfluss der Erntetechnik bei der Grassilageernte wurden auch die Einflüsse der Kraftfuttermittellieferung und des Trockenmassegehaltes der Grassilage auf Pansenparameter, Verdaulichkeit, Futteraufnahme und Nährstoffversorgung von pansenfistulierten Rindern und Milchkühen untersucht.

## 2. Versuchstiere und Methoden

### 2.1 Versuchsplan

Der Versuchsplan sah den Vergleich der Auswirkungen unterschiedlicher Partikellängen (H, K, L) bzw. Ernteverfahren von Grassilage (17, 34 bzw. 90 mm theoretische Schnittlänge) auf Pansenparameter, Verdaulichkeit, Futteraufnahme und Nährstoffversorgung bei fistulierten Rindern und Milchkühen vor. Zusätzlich sollten auch die Einflüsse des Trockenmassegehaltes der Grassilage (T35, T50) und des Kraftfutteranteils der Ration (K25, K55) untersucht werden (Tabelle 1 und 2). Die Differenzierung der Partikellängen der Grassilagen wurden durch den Einsatz unterschiedlicher Erntetechniken (H = Feldhäcksler, K = Kurzschnittladewagen, L = Langschnittladewagen) erreicht. Die Erhöhung des Trockenmassegehaltes der Grassilage von 35 auf 50 % (T35 bzw. T50) erfolgte durch Verlängerung der Anwelkdauer am Feld. Die Grundfütterration bestand aus 60 % Grassilage und 40 % Maissilage und wurde in Gruppe K25 mit 25 % und in Gruppe K55 mit 55 % Kraftfutter ergänzt.

**Tabelle 1: Versuchsplan - pansenfistulierte Rinder**  
Experimental design - ruminally fistulated cattle

Ernteverfahren-GS (Partikellänge)	Häcksler (H)	Kurzschnitt (K)	Langschnitt (L)
theoretische Schnittlänge-GS mm	17	34	90
Trockenmasse-GS (T) %	35 50	35 50	35 50
Kraftfutteranteil Ration (K) %	25 55 25 55	25 55 25 55	25 55 25 55
Grundfutter <sup>1)</sup>	ad libitum		

<sup>1)</sup> Grundfutter: 60 % Grassilage, 40 % Maissilage

**Autoren:** <sup>\*)</sup> Dr. Andreas STEINWIDDER, Institut für Viehwirtschaft und Ernährungsphysiologie landwirtschaftlicher Nutztiere, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 IRDNING, email: andreas.steinwider@bal.bmlfuw.gv.at

<sup>\*\*)</sup> Dipl.-Ing. Eva ZEILER, Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 WIEN

**Tabelle 2: Versuchsplan – Milchhühe**  
*Experimental design – dairy cows*

Ernteverfahren-GS (Partikellänge) theoretische Schnittlänge-GS mm	Häcksler (H) 17	Kurzschnitt (K) 34			Langschnitt (L) 90		
		35	50	35	50	35	50
Trockenmasse-GS (T)	%	35	50	35	50	35	50
Krafftutteranteil Ration (K)	%	25 55	55	25 55	55	25 55	55
Grundfutter <sup>1)</sup>		ad libitum					

<sup>1)</sup> Grundfutter: 60 % Grassilage, 40 % Maissilage

Bei der Konservierung der Grassilagen kam es im hohem Trockenmasseniveau im oberen Bereich der Hochsilos zu starker Schimmelbildung. Die dadurch aufgetretenen Abräumverluste führten dazu, dass der vorgesehene Versuchsplan bei den Milchkühen nicht vollständig eingehalten werden konnte. Die von den Silierverlusten besonders betroffenen Varianten konnten auf Grund der Futterverluste nur eingeschränkt geprüft werden. Im Gegensatz zu den Untersuchungen mit fistulierten Tieren wurde daher bei den Milchkühen der Versuchsfaktor „T50“ nur auf hohem Krafftutterniveau (K55) geprüft.

## 2.2 Untersuchungen mit pansenfistulierten Rindern

Die pansenphysiologischen Untersuchungen und die Ermittlung der Verdaulichkeit der Gesamtration erfolgte mit sechs ausgewachsenen pansenfistulierten Rindern (5 Braunviehochsen, 1 Fleckviehkuh). Es wurde ein 3-faktorieller Versuch (3 x 2 x 2) in Form eines unvollständigen lateinischen Quadrates über 6 Versuchsperioden durchgeführt (Tabelle 3). Jede Versuchsperiode erstreckte sich über 2 Wochen. Zwei Wochen vor Versuchsbeginn wurden die Tiere in zwei Gruppen zu je drei Tieren aufgeteilt, diese zwei Gruppen entsprachen den Krafftutterniveaus (K25, K55). Innerhalb jedes Krafftutterniveaus durchlief jedes Tier in jeweils 3 Perioden

alle 3 Schnittlängengruppen. Um eine abrupte Rationsänderung, bedingt durch die unterschiedlichen Krafftutterniveaus, zu vermeiden, wurde vor Beginn der 4. Periode, ebenso wie zu Versuchsbeginn, eine zweiwöchige Übergangsfütterung durchgeführt.

Die Tiere waren in Halsriemenanbindung auf verbessertem Mittellangstand mit Gitterrost und Gummimatten aufgestellt. Die Einzelfressstände mit abgetrennten Barren gewährleisteten eine individuelle Messung der Futteraufnahme. Die Tiere wurden einmal wöchentlich zur selben Zeit gewogen. Zu Versuchsbeginn hatten die Versuchstiere ein Lebendgewicht von 757 (± 21) kg.

Die Futteraufnahme der Tiere wurde für jede Rationskomponente täglich individuell erhoben. Die Tiere wurden wöchentlich einmal gewogen. In der zweiten Woche jeder Versuchsperiode wurde der Verdauungsversuch durchgeführt. Die Dauer der Sammelperiode betrug 4 Tage, die Tiere blieben im selben Stall, er wurde lediglich für die Bilanzversuche adaptiert. Jeweils an den letzten beiden Tagen jeder Sammelperiode wurden die Proben für die pansenphysiologischen Untersuchungen gezogen und zwar um 1:00, 4:00, 6:00, 8:00, 10:00, 13:00, 15:00, 17:00, 19:00, 21:00 und 23:00 Uhr. Die Pansen-saftproben (ca. 200 ml) wurden mittels Unterdruckverfahren und Sonde über die Pansenfistel aus dem ventralen Pansen-

sack entnommen. Danach wurden die Proben filtriert und der pH-Wert gemessen. Pro Tier und Messung wurden zwei Proben zu ca. 50 ml abgefüllt und für die Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren, des NH<sub>3</sub>-N Gehaltes, des pH-Wertes (nach Gefrierung) sowie der Titrationsalkalität und der Titrationsazidität umgehend gasdicht verschlossen und tiefgefroren. Die gaschromatographische Bestimmung des Gär säuregehaltes, die photometrische Ammoniakbestimmung mit Neßler's Reagenz und die Bestimmung der Titrationsazidität bzw. Titrationsalkalität erfolgte in der Abteilung für Stoffwechsel- und Nährstoffanalytik der BAL Gumpenstein aus einer tierindividuellen Mischprobe der zwei Versuchstage und der jeweiligen Probenahmezeit.

## 2.3 Untersuchungen mit Milchkühen

Der 3-faktorielle Versuch (3 x 2 x 2) wurde in zwei getrennten lateinischen Quadraten (KF25 und KF55) mit 12 laktierenden Kühen über 6 Versuchsperioden zu je 2 Wochen (3 Schnittlängen x 2 Trockenmassenstufen) durchgeführt. Nach einer zweiwöchigen Vorversuchsperiode wurden die Milchkühe unter Berücksichtigung von Milchleistung, Futteraufnahme, Laktationszahl, Lebendgewicht und Rasse zwei Gruppen zu je sechs Tieren zugeteilt. Diese zwei Gruppen entsprachen den beiden Krafftutterniveaus, innerhalb der Krafftutterstufe sollte jede Kuh in jede Behandlung kommen. Die Kühe (je 6 Brown Swiss und Holstein Friesian) standen zu Versuchsbeginn im Mittel in der 15. Laktationswoche, die Laktationszahl lag bei 2,4 ± 1,4, die Lebendmasse betrug im Mittel 590 kg (± 58 kg). Vor Versuchsbeginn wurde eine Grund- und Gesamtfutteraufnahme von 12,0 und 16,0 bzw. 12,6 und 16,8 kg T in Gruppe K25 bzw. K55 festgestellt. Die Milchleistung in Gruppe K25 und K55 betrug 27,1 und 27,4 bzw. 28,9 und 28,8 kg ECM. Die Tiere waren in Nackenrohranbindung auf verbessertem Mittellangstand mit Gitterrost und Gummimatten aufgestellt. Die Einzelfressstände mit abgetrennten Barren gewährleisteten die individuelle Messung der Futteraufnahme. Im Versuchszeitraum wurde die individuelle Futteraufnahme für jede Rationskomponente erhoben. Die Versuchstie-

**Tabelle 3: Versuchsablauf - pansenfistulierter Rinder**  
*Experimental procedure - ruminally fistulated cattle*

Krafftutter (K)	%	25			55		
		H	K	L	H	K	L
Ernteverfahren-Grassilage (PL)							
Trockenmasse-Grassilage (T)	%	35	50	35	50	35	50
1. Periode		A <sup>1)</sup>	B	C	D	E	F
2. Periode		B	C	A	E	F	D
3. Periode		C	A	B	F	D	E
4. Periode		D	E	F	A	B	C
5. Periode		E	F	D	B	C	A
6. Periode		F	D	E	C	A	B

<sup>1)</sup> A = fistuliertes Tier A etc.

re wurden wöchentlich gewogen. Die Milchleistung und die Milchhaltsstoffe der Kühe wurden täglich erfasst. Blutproben wurden wöchentlich von allen Kühen um 8:30 Uhr genommen und auf den Gehalt an Ca, P, Mg, FFS (freie Fettsäuren), AST (Aspartat-Amino-Transferase), GGT (Gamma-Glutamyl-Transferase),  $\beta$ HBS ( $\beta$ -Hydroxybuttersäure), Harnstoff, Creatinin und Gesamtbilirubin untersucht. Zur statistischen Auswertung wurden nur die letzten 10 Tage der 14-tägigen Periode herangezogen.

## 2.4 Futtermittel und Rationsanpassung

Die Fütterungszeit betrug 8 Stunden pro Tag (4:30 - 8:30 und 15:00 - 19:00 Uhr). Bei der täglich zweimaligen Fütterung erhielten die Versuchstiere zuerst einen Teil des Kraftfutters (max. 2 kg FM), danach Maissilage und im Anschluss daran eine weitere Teilgabe des Kraftfutters (max. 2 kg FM) vorgelegt. Abgeschlossen wurde die Fütterung mit der Vorlage von Grassilage. Überschritt die Kraftfuttergabe pro Fütterungszeit eine Gesamtmenge von 4 kg Frischmasse, so wurde die Grassilagegabe geteilt und eine dritte Kraftfuttergabe eingeschoben. Ad libitum Bedingungen wurden erreicht, indem bei der Rationsvorschreibung von jeder Grundfutterkomponente 5 % Futterreste angestrebt wurden. Die Anpassung der jeweiligen Futtermittelmenge erfolgte dreimal wöchentlich. Dabei wurde die angestrebte Rationszusammensetzung, die festgestellte Futteraufnahme der vorangegangenen Tage und die angestrebten Futterreste individuell berücksichtigt.

## 2.5 Futtermittel

Zur Bereitung der Grassilagen wurde der 1. Aufwuchs einer einheitlichen Dauerwiese mit unterschiedlichen Schnittlängen geerntet (theoretische Schnittlänge 17, 34 und 90 mm). Die Erntearbeiten wurden mit einem Feldhäcksler (Claas Jaguar 860, 320 kW, 10,2 t Gesamtgewicht, Halbmesserzahl 12), einem Kurzschnittladewagen (Pöttinger Jumbo 6600, 66 m<sup>3</sup>, 45 Messer, 34 mm Messerabstand, 7,9 t Eigengewicht) und einem herkömmlichen Ladewagen (Pöttinger Ladeprofil IV, 45 m<sup>3</sup>, 17 Messer, 90 mm Messerabstand, 4,8 t Eigengewicht) durchgeführt. Angaben zum Arbeitszeit-

bedarf, zur Ernteleistung, zum Schwadgewicht, zur Schüttdichte finden sich bei PÖLLINGER et al. (2002) und zum Silierverlauf in Kleinsilos bei PÖTSCH und RESCH (2002).

Die Ernte der unterschiedlich lange angelegten Grassilagen (35 bzw. 50 % T) erfolgte um 11:00 Uhr (T35) bzw. um 15:00 Uhr (T50) desselben Tages. Die sechs Grassilagen (3 Ernteverfahren, 2 Trockenmassegehalte) wurden getrennt mittels Radialgebläse ohne Schneideeinrichtung in Hochsilos eingebracht (7 m Höhe, 2 m Durchmesser), händisch verteilt, mit Silofolie und Sandsäcken luftdicht abgeschlossen und ohne Fremdpressung gelagert. Um Partikellängenveränderungen auszuschließen, erfolgte die Silageentnahme per Hand.

Die Maissilage wurde in der Teigreife mit einem Feldhäcksler ohne Kornnachbereitung geerntet (6 mm theoretische Schnittlänge) und in einem Fahrsilo gelagert. Es wurde ein gemahltes Kraftfutter (Mühle mit Siebgröße 5 mm) mit 16 % Gerste, 12 % Weizen, 24 % Körnermais, 16 % Trockenschnitzel, 12 % Weizenkleie, 6,7 % Sojaextraktionsschrot-44, 6,7 % Rapsextraktionsschrot und 6,6 % Sonnenblumenextraktionsschrot eingesetzt.

## 2.6 Futtermittelanalysen

Der Roh Nährstoffgehalt der Futtermittel (Weender Analysen, Gerüstsubstanzen, Mengen- und Spurenelemente) wurde aus einer Sammelprobe pro Versuchsperiode ermittelt. Der Trockenmassegehalt der Silagen wurde zweimal täglich von der Ein- und Rückwaage und vom Kraftfutter zweimal pro Versuchsperiode erfasst. Der T-Gehalt der Silagen wurde entsprechend dem Vorschlag von WEISSBACH und KUHLA (1995) hinsichtlich der Verluste an flüchtigen Fettsäuren bei der Trockenmassebestimmung korrigiert. Die chemischen Analysen erfolgten nach den Methoden der ALVA (1983). Die Weender Nährstoffe und VAN SOEST-Gerüstsubstanzen wurden mit Tecator-Geräten analysiert. Die Bestimmung der *in-vivo*-Verdaulichkeit der Grassilagen erfolgte mit 6 adulten Hammeln in Form eines lateinischen Quadrates als 2-faktorieller Versuch (3 x 2). Nach einer

zweiwöchigen Vorperiode wurden die Hammel anhand ihres Lebendgewichtes in 2 Gruppen aufgeteilt. Diese Gruppen entsprachen den Trockenmassegehalten der Grassilagen (T35 und T50), innerhalb jeder Trockenmassestufe durchlief jeder Hammel alle Gruppen des Versuchsfaktors „Ernteverfahren“. Eine Sammelperiode dauerte 7 Tage. Zwischen den einzelnen Perioden wurde eine dreitägige Übergangsfütterung eingeschoben. Zu Beginn jeder Sammelperiode erfolgte vor der Morgenfütterung die Wiegung der Versuchstiere. Das mittlere Lebendgewicht der Hammel betrug 64 kg, vom Versuchsfutter wurde täglich 1,0 kg T eingewogen. Die Verdaulichkeit der Maissilage wurde mit 4 Hammeln (14 Tage Vorperiode, 14 Tage Sammelperiode) nach den Leitlinien der GfE (1991) bestimmt. Die Verdaulichkeit des Kraftfutters wurde nach der Regressionsmethode mit insgesamt 16 Hammeln (0, 25, 50 und 75 %) bestimmt. Für die Durchführung der Verdauungsversuche wurde täglich ein aliquoter und für den Versuch ausreichender Teil des an die Rinder verfütterten Futters gesammelt und im Falle von Silagen tiefgefroren. Die an den Hammeln ermittelten Verdauungskoeffizienten wurden zur Energiebewertung der Futtermittel herangezogen (GfE 2001). Die Versorgung mit nutzbarem Rohprotein am Dünndarm (nXP) wurde entsprechend den Angaben der GfE (2001), unter Berücksichtigung des in den DLG-Futterwerttabellen (DLG 1997) angegebenen Anteils an UDP der jeweiligen Futtermittel, errechnet.

## 2.7 Partikellängenbestimmung und Strukturbewertung

### Partikellänge

Die Beurteilung der Partikellängenverteilung des Grundfutters erfolgte für die Maissilage und das Kraftfutter über das Nasssiebverfahren. Die Partikellängenverteilung der Grassilagen musste über ein arbeitsaufwändiges Auszählverfahren erfolgen, da bei den Ernteverfahren K und L sehr lange Partikellängensfraktionen auftraten. Durch das Fehlen von Sieben mit einer Lochung über 35,5 mm wäre es bei der üblichen Nasssiebung zu einer Verfälschung der Verteilungsergebnisse und damit auch der berechneten mittleren Partikellänge gekommen.

Zur Partikellängendifferenzierung der Grassilagen wurden die Silageproben (ca. 2 kg FM) auf einer sauberen Unterlage im Ausmaß von 1 m<sup>2</sup> gründlich durchgemischt und aufgelegt. Danach wurden über die Diagonale Analysenproben (ca. 500 g FM) entnommen. Zur Arbeitserleichterung wurden diese Proben vor dem händischen Trennen schonend mechanisch abgesiebt und grob in 4 Längen fraktioniert. Einzelne Halme wurden im Anschluss daran mit einer Pinzette erfasst und mit Hilfe einer Skala (> 16 cm, 12 cm, 8 cm, 6 cm, 4 cm, 2 cm, 1 cm, 0,4 cm und < 0,4 cm) eingeordnet. Im Anschluss daran wurden die einzelnen Teilproben getrocknet und der Fraktionsanteil bestimmt.

Zur Bestimmung der Partikellänge der Maissilage und des Kraftfutters wurden die Proben über eine Siebkaskade von 6 Quadratlochsieben abnehmender Porengröße (Maissilage: 6,3, 4,0, 2,0, 1,0, 0,5, 0,25 mm; Kraftfutter: 2,0, 1,0, 0,5, 0,25, 0,125, 0,063 mm) nass gesiebt. Dazu wurden die Teilproben (15 g) vor der Siebung mit 300 ml Wasser versetzt. Die Maissilageproben wurden nach 30 Minuten und die Kraftfutterproben nach zehn Minuten gesiebt. Die Nasssiebung erfolgte über einen Zeitraum von zwölf Minuten (4 x 3 Minuten mit 30 Sekunden Pause, Schüttelamplitude 1,5 - 2). Dabei wurden die Proben mit 3 l Wasser pro Minute besprüht. Der Siebanatz wurde abgefiltert und ca. zwei Stunden stehen gelassen, um ein Abfließen des Wassers zu ermöglichen. Danach wurden die Proben bei 104 °C über zwölf Stunden getrocknet und gewogen.

Zur Berechnung der mittleren Partikellänge des Kraftfutters und der Maissilage wurde das kumulative Gewicht der Partikel die eine Siebstufe passieren konnten, in Prozent der Einwaage ermittelt. Diese Prozentwerte wurden gegen die theoretische maximale Partikellänge die das jeweilige Sieb noch passieren konnten aufgetragen (Porengröße des Siebes  $\times 2\sqrt{2}$ ) aufgetragen. Zur Berechnung der mittleren Partikellänge der Grassilagen wurde das kumulative Gewicht der Partikel, die eine Längenfraction unterschritten in Prozent des Gewichtes der Einwaage ermittelt und diese gegen die entsprechende Par-

tikellängengrenze aufgetragen. Die mittlere Partikellänge (MPL) wurde mit Hilfe der nach YANG et al. (1978) modifizierten Weibull-Funktion in SAS (1987) nach der DUD-Methode errechnet.

### Berechnung von Strukturparametern

#### Strukturierte Rohfaser nach MENKE

Der Gehalt an strukturierter Rohfaser wurde entsprechend den Angaben von MENKE (1987) ermittelt. Um eine feinere Abstufung der angegebenen Strukturkoeffizienten zu erreichen, wurden diese mit Hilfe einer Regressionsgleichung unter Berücksichtigung des Gehaltes an Rohfaser (XF, g/kg T) und an Trockenmasse (T, g/kg) berechnet:

$$\text{Maissilage:} \\ f = 0,344 + 0,000909 \cdot XF$$

$$\text{Grassilage:} \\ f = 0,7353 + 0,003294 \cdot (XF - 270) + \\ 0,00109013 \cdot (T - 525) - 0,00000235 \cdot \\ ((XF \cdot T) - 141750)$$

#### Strukturwirksame Rohfaser nach HOFFMANN

Als Faktor (*f*) für die Strukturwirksamkeit der Rohfaser der Maissilage wurde 1,0 unterstellt. Bei den Grassilagen wurde dieser Faktor mit Hilfe von Regressionsgleichungen unter Berücksichtigung des Gehaltes an Rohfaser (XF, g/kg T) und an Trockenmasse (T, g/kg) entsprechend den Angaben von HOFFMANN (1990) berechnet. Ein möglicher Einfluss der Erntetechnik auf die strukturwirksame Rohfaser wurde nicht berücksichtigt.

$$\text{Maissilage:} \\ f = 1$$

$$\text{Grassilage:} \\ f = -0,0903 + 0,000079 \cdot T + 0,00356 \cdot XF$$

#### Strukturwert nach DE BRABANDER

Der Strukturwert (SW) wurde entsprechend den Angaben von DE BRABANDER et al. (1999) berechnet (Nährstoffgehalte in g/kg T):

$$\text{Maissilage:} \\ SW = (0,0090 \cdot XF) - 0,1$$

$$\text{Grassilage:} \\ SW = (0,0125 \cdot XF) - 0,2$$

$$\text{Kraftfutter:} \\ SW = (0,321 + (0,00098 \cdot XF) + (0,00025 \cdot bXS) \\ - (0,00112 \cdot (XZ + a \cdot (XS - bXS))) \\ a = 0,9 - (1,3 \cdot XS - \text{Beständigkeit})$$

## 2.8 Versuchsauswertung

### Untersuchungen mit pansenfistulierten Rindern

Die Versuchsdaten wurden nach dem Modell 2 des Statistikprogramms LSMLMW PC - 1 (HARVEY 1987) mit den fixen Effekten „Kraftfutter“, „Schnittlänge“ und „Trockenmasse“, dem zufälligen Effekt „Tier“ und den Interaktionen von „Schnittlänge x Trockenmasse“, „Schnittlänge x Kraftfutterniveau“ und „Trockenmasse x Kraftfutterniveau“ berechnet. Die Ergebnistabellen zeigen die Least-Square Mittelwerte der Haupteffekte und die P-Werte aus der Varianzanalyse sowie die Residualstandardabweichungen. In Versuchsperiode 4 wurde ein Tier auf Grund mangelnder Futteraufnahme aus der Versuchsauswertung ausgeschlossen (Gruppe H T50 K25).

### Untersuchungen mit Milchkühen

Die Versuchsdaten wurden nach Modell 3 des Statistikprogramms LSMLMW PC-1 (HARVEY 1987) mit den fixen Effekten „Kraftfutter“, „Schnittlänge“ und „Trockenmasse“, dem zufälligen Effekt „Tier“ innerhalb „Kraftfutter“, der Regressionsvariable „Laktationstag“ und den Interaktionen von „Schnittlänge x Trockenmasse“ und „Schnittlänge x Kraftfutterniveau“ ausgewertet. In den Ergebnistabellen werden die Least-Square Mittelwerte für die Haupteffekte „Ernteverfahren“ und „Kraftfutter“ und die P-Werte aus der Varianzanalyse sowie die Residualstandardabweichungen angegeben.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Nährstoffgehalt der Futtermittel

In *Tabelle 4* ist der durchschnittliche Nährstoffgehalt der Futtermittel sowie die Verdaulichkeit der Nährstoffe angeführt. Der Trockenmassegehalt der Grassilagen lag bei niedriger Anwelkstufe zwischen 33 und 35 % und bei hoher Anwelkstufe zwischen 52 und 56 %. Die Grassilagen der hohen Anwelkstufe wiesen im Vergleich zur niedrigen Anwelkstufe höhere Gehalte an Strukturkohlenhydraten (XF, NDF, ADF) und geringere Gehalte an XX, NFC, XL und XA auf. Die mit Hammeln ermittelten in vivo-

**Tabelle 4: Nährstoff- und Energiegehalt sowie mittlere Partikellänge der Futtermittel**  
*Nutrient and energy content as well as mean particle length of feedstuffs*

Bezeichnung		Grassilagen						Maissilage	Krafftutter
		H35	K35	L35	H50	K50	L50	MS	KF
<b>Trockenmasse</b>	g/kg FM	352	331	337	558	517	539	328	892
<b>Nährstoffe</b>									
XP	g/kg T	168	166	169	168	165	170	86	181
nXP	g/kg T	139	136	128	134	136	136	130	178
XL	g/kg T	34	34	36	30	31	31	32	23
XF	g/kg T	254	257	264	287	282	275	218	86
XX	g/kg T	458	453	433	431	439	444	620	663
XA	g/kg T	86	90	98	84	83	80	44	47
NDF	g/kg T	457	444	452	534	521	518	435	245
ADF	g/kg T	299	307	306	326	320	317	245	112
ADL	g/kg T	31	31	37	34	33	30	27	26
NFC	g/kg T	257	262	241	184	196	194	403	504
<b>Verdaulichkeit</b>									
dOM	%	73,1	71,3	66,2	70,6	72,2	70,8	71,9	82,6
dXP	%	69,3	69,0	65,3	69,2	67,7	69,2	58,1	79,0
dXL	%	56,2	61,1	54,6	52,1	57,4	58,1	76,4	70,3
dXF	%	73,8	73,0	65,4	73,9	75,7	69,9	70,6	53,4
dXX	%	75,3	72,1	68,1	70,3	72,5	73,1	76,1	88,4
dNDF	%	73,1	70,1	64,9	74,0	75,0	74,1	-	-
dADF	%	72,1	70,6	63,0	72,1	71,3	69,7	-	-
<b>Energiekonzentration</b>									
ME	MJ/kg T	10,33	10,07	9,32	9,94	10,17	10,07	10,55	12,20
NEL	MJ/kg T	6,17	5,98	5,45	5,88	6,04	5,97	6,32	7,58
NEL	MJ/kg OM	6,75	6,57	6,04	6,42	6,59	6,49	6,61	7,95
<b>Mineralstoffe</b>									
Ca	g/kg T	6,9	6,9	6,7	5,9	6,0	5,9	2,9	3,3
P	g/kg T	2,8	2,6	2,8	2,7	2,7	2,6	1,9	4,9
Mg	g/kg T	2,9	3,0	3,0	2,6	2,8	2,4	2,0	2,0
K	g/kg T	25,6	26,5	27,5	27,9	27,6	27,0	32,6	12,9
Na	g/kg T	0,26	0,27	0,34	0,29	0,23	0,28	0,07	0,33
Mn	mg/kg T	116	120	104	96	109	99	33	39
Zn	mg/kg T	36	37	38	35	36	34	28	5
Cu	mg/kg T	13	12	13	13	12	12	7	39
<b>MPL<sup>1)</sup></b>	mm	38	62	148	32	61	141	13	1,3

<sup>1)</sup> MPL = mittlere Partikellänge

Verdaulichkeiten der organischen Substanz und die Energiekonzentration der Grassilagen beider Trockenmassenstufen lagen auf vergleichbarem Niveau. Deutliche Effekte des Ernteverfahrens bzw. der Partikellänge ergaben sich bei niedriger Anwelkstufe (T35) hinsichtlich Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und Energiegehalt der Grassilagen. Die Verdaulichkeit der organischen Masse ging mit der Partikellänge zurück (73,1, 71,3 und 66,2 % in H, K und L). Daher verringerte sich auch der Energiegehalt mit zunehmender Partikellänge (6,2, 6,0 und 5,5 MJ NEL in H, K und L). Die Grassilage L35 wies etwas höhere Strukturkohlenhydrat- und Rohaschegehalte sowie geringere XX- bzw. NFC-Gehalte auf. Bei hoher Anwelkstufe traten im Gegensatz dazu keine Effekte des Ernteverfahrens hinsichtlich Verdaulichkeit

(71 - 72 %) der OM und Energiekonzentration (5,9 - 6,0 MJ NEL) der Grassilagen auf. Die Verdaulichkeit von XF bzw. ADF lag bei Grassilage L auf tieferem Niveau als bei H und K.

Für die Maissilage und das Krafftutter ergab sich ein Energiegehalt von 6,3 bzw. 7,6 MJ NEL je kg Futtertrockenmasse.

### 3.2 Partikellänge der Futtermittel

Die mittleren Partikellängen der mit einer theoretischen Schnittlänge von 17 (H), 34 (K) und 90 mm (L) geernteten Grassilagen lagen bei niedrigem Trockenmasseniveau (T35) bei 38, 62 und 148 mm (Tabelle 5). Bei hoher Anwelkstufe (T50) wurde in den Gruppen K und L mit 61 und 141 mm eine vergleichbare

mittlere Partikellänge festgestellt. Die Gruppe H lag bei hoher Anwelkstufe mit 32 mm dagegen auf tieferem Niveau. Die Maissilage wies eine mittlere Partikellänge von knapp 13 mm und das Krafftutter von 1,3 mm auf. Für die Grundfütterationen ergab sich für die Gruppen H, K und L bei niedriger Anwelkstufe der Grassilage eine mittlere Partikellänge von 28, 42 und 94 mm und von 24, 42 und 89 mm bei hoher Anwelkstufe. Mit steigendem Krafftutteranteil (25 % auf 55 % in der Ration) ging die mittlere Partikellänge der Gesamtration um durchschnittlich 38 % deutlich zurück. In den Gruppen H, K und L lag sie bei niedriger Anwelkstufe und geringer Krafftutterergänzung bei 21, 32 und 71 mm und hoher Krafftutterergänzung (K55) bei 13, 20 und 43 mm. Vergleichbare Ergebnisse zeigten

**Tabelle 5: Partikellängenverteilung der Grassilagen und mittlere Partikellänge der Grundfutter- bzw. Gesamtration**  
*Particle length distribution of grass silages as well as mean particle length of forage and total ration*

		H35	K35	L35	H50	K50	L50
<b>Partikellängenverteilung Grassilage</b>							
< 4 mm	%	1,9	0,2	0,1	11,6	1,1	0,1
4,1 - 10 mm	%	4,3	0,8	2,2	10,9	5,4	2,3
10,1 - 20 mm	%	22,3	3,5	2,8	29,1	7,8	3,3
20,1 - 40 mm	%	33,0	20,9	9,9	29,2	21,8	6,6
40,1 - 60 mm	%	17,9	27,3	8,7	7,7	28,2	9,2
60,1 - 80 mm	%	9,3	16,7	11,6	5,8	14,8	9,9
80,1 - 120 mm	%	7,1	13,4	36,0	3,9	9,0	20,2
120,1 - 160 mm	%	1,8	8,7	18,6	1,7	5,2	19,8
> 160 mm	%	2,4	8,5	10,1	0,0	6,7	28,7
<b>MPL<sup>1)</sup> Grassilage</b>	mm	38	62	148	32	61	141
<b>MPL Grundfutterration (60 % GS + 40 % MS)</b>	mm	28	42	94	24	42	89
<b>MPL Gesamtration</b>	K25 <sup>2)</sup>	21	32	71	18	31	67
	K55 <sup>2)</sup>	13	20	43	12	19	41

<sup>1)</sup> MPL = mittlere Partikellänge

<sup>2)</sup> 25 % (K25) bzw. 55 % (K55) Kraftfutteranteil in der Gesamtration

sich auch bei hohem Anwelkgrad der Grassilagen.

### 3.3 Untersuchungen mit pansenfistulierten Rindern

#### Futteraufnahme und Rationskriterien

In den *Tabellen 6* und *7* sind die Ergebnisse der Futteraufnahme und die Rationskriterien für die Haupteffekte des Versuchs mit fistulierten Rindern angeführt. Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren wurden nur vereinzelt festgestellt.

Das Ernteverfahren der Grassilagen beeinflusste weder die Futter- noch die Nährstoffaufnahme der Tiere. Im Durchschnitt wurde eine Grund- und Gesamtfutteraufnahme von 7,8 bzw. 13,2 kg T festgestellt. Die Energieaufnahme lag bei 79 MJ ME aus dem Grundfutter und 144 MJ ME aus der Gesamtration. Die auf Basis der Hammelversuche errechnete Energiekonzentration der Gesamtration betrug 11,0 MJ ME in den Gruppen H und K und 10,8 MJ in Gruppe L.

Bei der Bewertung der Struktur- und Kohlenhydratversorgung wurde kein Einfluss des Ernteverfahrens auf diese Parameter festgestellt.

Der Anwelkgrad der Grassilagen beeinflusste die Grassilageaufnahme signifikant. Bei T50 wurde eine Grassilageaufnahme von 4,2 kg T festgestellt. Bei T35 lag diese mit 4,8 kg T um 0,6 kg T signifikant über Gruppe T50. Im Gegensatz dazu nahmen die Tiere in T50 geringfügig mehr Maissilage auf. Es wurde daher

in der Grund- und Kraftfutter- sowie in der Gesamtnährstoffaufnahme kein Effekt der Trockenmasse der Grassilage festgestellt. Die höhere Maissilageaufnahme in Gruppe T50 führte zu einer signifikant höheren Energiekonzentration der Ration. Die Versorgung mit Strukturkohlenhydraten war in T50 erhöht.

Die Erhöhung des Kraftfutteranteils in der Ration von 25 auf 55 % (K25 bzw. K55) führte zu einer Reduktion der Grundfutteraufnahme von 9,0 auf 6,6 kg T und zu einem Anstieg der Gesamtfutteraufnahme von 12,0 auf 14,6 kg T. Unter Berücksichtigung des fixen Effektes „Tier“ und der Lebendmasse als Regressionsvariable im statistischen Modell, errechnet sich eine mittlere Verdrängung des Grundfutters von 0,44 kg T ( $P < 0,05$ ,  $R^2 = 0,71$ ) bzw. eine Zunahme der Gesamtfutteraufnahme von 0,56 kg T pro zusätzlichem kg T Kraftfutter ( $P < 0,05$ ,  $R^2 = 0,83$ ). Auf hohem Kraftfutterniveau wurde eine höhere Energie-, Rohprotein- und NFC-Aufnahme festgestellt. Die Aufnahme an Gerüstsubstanzen unterschied sich zwischen den Kraftfuttergruppen (K25 bzw. K55) zwar hinsichtlich der Futterquelle (Grundfutter oder Kraftfutter), jedoch nicht hinsichtlich der Gesamtmenge pro Tag. Die Energiekonzentration (10,6 bzw. 11,2 MJ ME) und die Konzentration der Nichtstrukturkohlenhydrate (352 bzw. 409 g) lag in K55 signifikant über K25, der Gehalt an Strukturkohlenhydraten ging von K25 auf K55 zurück. Die Rohfaser- bzw. NDF- und ADF-Gehalte lagen in Gruppe K25 bei 19 bzw. 41 und 24 %

und in Gruppe K55 bei 16 bzw. 34 und 19 %. Auch die errechneten Gehalte an strukturierter Rohfaser (12 bzw. 8 %) und an strukturwirksamer Rohfaser (18 bzw. 11 %) sowie der Strukturwert (2,0 bzw. 1,3) gingen von Gruppe K25 auf K55 signifikant zurück. Bei hohem Kraftfutterniveau wurde der unterstellte Maximalanteil an NFC pro kg T überschritten bzw. das Minimum an strukturierter XF unterschritten. Auch die XF- und ADF-Gehalte lagen hier im Grenzbereich. Demgegenüber lagen die Gruppe K55 bei der Strukturbewertung mittels Strukturwert bzw. NDF-Gehalt noch deutlich über dem unterstellten Minimum.

#### Verdaulichkeit der Gesamtration

Die mit den Rindern bei ad libitum-Fütterung ermittelte Verdaulichkeit der Rohnährstoffe der Gesamtration wurde vom Ernteverfahren der Grassilage nicht beeinflusst (*Tabelle 8*). Der errechnete Energiegehalt der Rationen lag jedoch bei Gruppe H mit 10,9 MJ ME/kg T leicht über dem der Gruppen K und L (10,7 und 10,8 MJ ME).

Bei hoher Grassilagentrockenmasse (T50) wurde im Vergleich zu T35 eine signifikante Verringerung der Verdaulichkeit der OM, des XP und der XF der Gesamtration festgestellt. Tendenziell lagen auch die Verdaulichkeiten von XL, XX, NDF und ADF auf niedrigerem Niveau. Der Energiegehalt der Gesamtration lag in Gruppe T35 mit 11,0 MJ ME signifikant über T50, wo eine Energiekonzentration von 10,6 MJ ME festgestellt wurde.

Tabelle 6: Futter- und Nährstoffaufnahme - pansenfistulierte Rinder (Haupteffekt)  
 Feed and nutrient intake - ruminally fistulated cattle (main effects)

		Ernteverfahren (PL)			Trockenmasse (T)		Kraffutter (K)		s <sub>0</sub>	PL	T	P-Werte					
		H	K	L	35	50	25	55				K	PL x T	PL x K	T x K		
Anzahl	n	11	12	12	18	17	17	18									
Grundfutter	kg T	7,91	8,00	7,50	8,03	7,56	8,99	6,61	1,04	0,470	0,219	<0,001	0,689	0,371	0,066		
Grassilage	kg T	4,50	4,59	4,42	4,83	4,17	5,10	3,91	0,77	0,864	0,027	<0,001	0,358	0,431	0,189		
Maissilage	kg T	3,41	3,41	3,08	3,20	3,39	3,90	2,70	0,40	0,100	0,206	<0,001	0,848	0,247	0,026		
Kraffutter	kg T	5,38	5,56	5,26	5,35	5,45	2,93	7,87	0,57	0,427	0,652	<0,001	0,278	0,688	0,413		
Mineralstoffe	kg T	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,00	0,504	0,372	0,036	0,385	0,240	0,770		
Kraffutter	% des GES	40,5	39,2	39,3	38,2	41,1	24,7	54,6	2,7	0,462	0,007	<0,001	0,867	0,313	0,062		
Gesamtfutter	kg T	13,37	13,64	12,84	13,47	13,09	12,01	14,55	1,34	0,347	0,442	<0,001	0,496	0,366	0,077		
Gesamtfutter	g T/kg LM*	92,8	94,1	88,8	93,2	90,6	83,0	100,9	8,9	0,342	0,422	<0,001	0,555	0,323	0,086		
<b>Nährstoffe aus Grundfutter</b>																	
Energie	MJ ME	80,5	82,3	74,4	79,1	79,1	90,4	67,7	12,0	0,263	0,997	<0,001	0,141	0,672	0,299		
Rohfaser	g	1987	2042	1872	1973	1961	2275	1660	312	0,413	0,913	<0,001	0,707	0,554	0,159		
NDF	g	3711	3694	3449	3585	3651	4140	3097	510	0,397	0,722	<0,001	0,710	0,414	0,042		
ADF	g	2268	2295	2130	2254	2208	2558	1904	318	0,412	0,690	<0,001	0,679	0,490	0,075		
<b>Nährstoffe aus Kraffutter</b>																	
Energie	MJ ME	65,3	65,1	64,4	63,5	66,4	35,7	94,2	7,6	0,953	0,289	<0,001	0,437	0,618	0,823		
Rohfaser	g	464	480	454	462	470	252	680	57,6	0,550	0,675	<0,001	0,390	0,813	0,329		
NDF	g	1314	1359	1284	1306	1331	716	1921	129	0,376	0,594	<0,001	0,238	0,635	0,524		
ADF	g	603	624	590	600	612	329	882	59	0,376	0,594	<0,001	0,238	0,635	0,524		
<b>Nährstoffe aus Gesamtfutter</b>																	
Energie	MJ ME	145,8	147,4	138,8	142,6	145,5	126,1	161,9	15,9	0,390	0,610	<0,001	0,223	0,549	0,372		
Rohprotein	g	2006	2057	1964	2055	1963	1723	2296	213	0,575	0,240	<0,001	0,361	0,484	0,124		
Rohfaser	g	2451	2522	2326	2435	2431	2527	2340	328	0,355	0,976	0,110	0,683	0,527	0,133		
NDF	g	5025	5053	4733	4892	4982	4856	5018	564	0,331	0,658	0,410	0,588	0,384	0,048		
ADF	g	2872	2920	2720	2854	2820	2887	2787	341,6	0,348	0,781	0,400	0,617	0,460	0,078		
NFC	g	5022	5136	4932	5111	4949	4159	5900	531	0,647	0,398	<0,001	0,240	0,601	0,512		
NFE	g	7576	7632	7296	7449	7553	6483	8519	812	0,563	0,720	<0,001	0,283	0,511	0,441		

**Tabelle 7: Rationskriterien sowie Struktur- und Kohlenhydratversorgung - pansenfistulierte Rinder (Haupteffekte)**  
*Characteristics of diets and supply with structural and non structural carbohydrates - ruminally fistulated cattle (main effects)*

	Ernteverfahren (PL)			Trockenmasse (T)			Krafftfutter (K)			P-Werte					
	H	K	L	35	50	55	25	55	55	PL	T	K	PL x T	PL x K	T x K
Energie	11,00	10,96	10,83	10,88	10,98	11,23	10,63	11,23	11,23	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,138	0,544
Rohprotein	150	150	152	151	149	158	143	158	158	0,239	0,226	<0,001	0,276	0,689	0,855
Rohfaser	184	189	184	182	189	162	209	162	162	0,279	0,036	<0,001	0,253	0,893	0,083
Rohfaser aus GF	150	156	150	149	154	116	187	116	116	0,235	0,176	<0,001	0,189	0,809	0,103
Strukturierte XF <sup>MENKE</sup>	97	102	96	90	107	75	121	75	75	0,297	<0,001	<0,001	0,289	0,895	0,052
Strukturwirksame XF <sup>HOFFMANN</sup>	145	151	142	138	154	112	180	112	112	0,270	0,002	<0,001	0,377	0,952	0,078
Strukturwirksame XF <sup>HOFFMANN</sup>	1906	1984	1766	1761	2009	1607	2163	1607	1607	0,295	0,050	<0,001	0,450	0,750	0,220
Strukturwert <sup>DE BRABANDER</sup> SW	1,66	1,73	1,66	1,65	1,72	1,34	2,03	1,34	1,34	0,256	0,146	<0,001	0,141	0,800	0,126
NDF	379	375	369	362	387	344	405	344	344	0,016	<0,001	<0,001	0,129	0,337	0,004
NDF aus GF	282	282	272	268	289	213	344	213	213	0,142	<0,001	<0,001	0,127	0,531	0,008
ADF	217	219	211	212	219	191	240	191	191	0,050	0,008	<0,001	0,026	0,477	0,015
ADF aus GF	172	176	167	169	174	131	212	131	131	0,084	0,132	<0,001	0,039	0,647	0,015
ADL	27	28	28	28	27	27	28	27	27	0,122	0,029	0,001	0,143	0,523	0,200
N-freie Extraktstoffe	573	567	568	568	570	591	548	591	591	0,265	0,541	<0,001	0,294	0,402	0,344
NFC	378	380	383	389	372	409	352	409	409	0,261	<0,001	<0,001	0,084	0,378	0,023
<b>Strukturversorgung<sup>1)</sup></b>															
Rohfaser	115	118	115	114	118	101	131	101	101	0,279	0,036	<0,001	0,253	0,893	0,083
Strukturw. XF <sup>HOFFMANN</sup>	145	151	142	138	154	112	180	112	112	0,270	0,002	<0,001	0,377	0,952	0,078
Strukturierte XF <sup>MENKE</sup>	114	120	113	106	125	89	143	89	89	0,297	0,000	<0,001	0,289	0,895	0,052
Strukturwert <sup>DE BRABANDER</sup>	166	173	166	165	172	134	203	134	134	0,256	0,146	<0,001	0,141	0,800	0,126
NDF	135	134	132	129	138	123	145	123	123	0,016	<0,001	<0,001	0,129	0,337	0,004
NDF aus Grundfutter	156	157	151	149	160	118	191	118	118	0,142	<0,001	<0,001	0,127	0,531	0,008
ADF	120	121	117	118	122	106	133	106	106	0,050	0,008	<0,001	0,026	0,477	0,015
NFC	94	95	96	97	93	102	88	102	102	0,261	0,000	<0,001	0,084	0,378	0,023

<sup>1)</sup> 100 % entsprechen: Rohfaser 160 g/kg T; str. Rohfaser – HOFFMANN 100 g/kg T; str. Rohfaser – MENKE 85 g/kg T; Strukturwert – DE BRABANDER 1/kg T; NDF 280 g/kg T; NDF aus Grundfutter 180 g/kg T; ADF 180 g/kg T; NFC 400 g/kg T

**Tabelle 8: Verdaulichkeit der Ration - pansenfistulierte Rinder (Haupteffekte)**  
*Digestibility of diets - ruminally fistulated cattle (main effects)*

	Ernteverfahren (PL)			Trockenmasse (T)			Krafftfutter (K)			P-Werte					
	H	K	L	35	50	55	25	55	55	PL	T	K	PL x T	PL x K	T x K
dOM	75,3	74,3	74,8	76,0	73,6	75,5	74,0	75,5	75,5	0,716	0,032	0,138	0,328	0,283	0,989
dXP	66,8	65,7	66,4	68,3	64,3	67,5	65,1	67,5	67,5	0,770	0,004	0,056	0,844	0,425	0,599
dXL	68,3	63,6	66,7	68,2	64,2	65,5	67,0	65,5	65,5	0,185	0,074	0,468	0,145	0,685	0,373
dXF	64,0	62,9	62,8	65,0	61,5	59,8	66,7	59,8	59,8	0,793	0,043	<0,001	0,143	0,254	0,946
dXX	81,2	80,5	81,0	81,7	80,1	82,3	79,5	82,3	82,3	0,837	0,096	0,006	0,383	0,246	0,837
dNDF	62,1	60,4	60,8	62,4	59,8	59,4	62,8	59,4	59,4	0,684	0,123	0,047	0,233	0,242	0,596
dADF	61,6	61,0	60,8	62,7	59,7	59,1	63,2	59,1	59,1	0,927	0,106	0,024	0,316	0,200	0,724
ME <sup>1)</sup>	10,88	10,71	10,79	10,95	10,64	10,97	10,62	10,97	10,97	0,016	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,490

<sup>1)</sup> Energiegehalt der Gesamtration errechnet aus den Ergebnissen des Verdauungsversuchs mit Rindern bei ad libitum Fütterung



**Tabelle 9: Parameter der Pansenfermentation - pansenfstulierte Rinder (Haupteffekt)**  
*Parameters of ruminal fermentation - ruminally fistulated cattle (main effects)*

	Ernteverfahren (PL)			Trockenmasse (T)			Kraftfutter (K)			P-Werte					
	H	K	L	35	50	55	25	55	55	T	K	PL x T	PL x K	T x K	
<b>Tagesmittelwerte</b>									<i>s<sub>e</sub></i>						
pH-Wert (Frischprobe)	6,31	6,33	6,28	6,32	6,30	6,44	6,18	6,44	6,18	0,461	0,683	<0,001	0,939	0,685	0,066
pH-Wert (nach Gefrierung)	6,78	6,84	6,69	6,75	6,78	6,97	6,57	6,97	6,57	0,047	0,587	<0,001	0,915	0,380	0,691
Azidität	11,5	11,1	12,8	11,8	11,8	7,2	16,4	7,2	16,4	0,322	0,936	<0,001	0,600	0,823	0,205
Alkalität	99,1	101,6	100,0	100,2	100,2	95,9	104,5	95,9	104,5	0,725	0,996	<0,001	0,767	0,884	0,258
Essigsäure	69,1	69,7	70,8	69,0	70,8	66,5	73,2	66,5	73,2	0,047	0,587	<0,001	0,915	0,380	0,348
Propionsäure	20,0	20,2	21,1	20,8	20,1	16,9	24,0	16,9	24,0	0,373	0,358	<0,001	0,856	0,581	0,697
Buttersäure	14,0	13,8	13,8	14,1	13,6	12,4	15,3	12,4	15,3	0,910	0,405	<0,001	0,560	0,460	0,020
NH <sub>3</sub>	21,5	20,9	22,7	22,3	21,1	18,5	24,9	18,5	24,9	0,339	0,282	<0,001	0,341	0,902	0,438
<b>pH-Wert Verlauf (Frischprobe)</b>															
1:00	6,48	6,45	6,41	6,49	6,41	6,56	6,33	6,56	6,33	0,655	0,212	0,001	0,884	0,427	0,249
4:00	6,80	6,75	6,77	6,79	6,76	6,81	6,74	6,81	6,74	0,817	0,635	0,390	0,802	0,155	0,458
6:00	6,52	6,57	6,54	6,57	6,51	6,60	6,48	6,60	6,48	0,772	0,395	0,087	0,661	0,869	0,752
8:00	6,14	6,23	6,25	6,18	6,23	6,34	6,07	6,34	6,07	0,303	0,387	<0,001	0,384	0,821	0,180
10:00	6,06	6,07	6,12	6,09	6,07	6,26	5,91	6,26	5,91	0,820	0,870	0,001	0,864	0,835	0,569
13:00	6,40	6,31	6,30	6,39	6,28	6,53	6,14	6,53	6,14	0,635	0,299	0,001	0,737	0,498	0,371
15:00	6,52	6,61	6,47	6,55	6,52	6,67	6,40	6,67	6,40	0,231	0,638	0,001	0,838	0,876	0,973
17:00	6,10	6,11	6,09	6,02	6,17	6,19	6,01	6,19	6,01	0,983	0,037	0,009	0,801	0,913	0,285
19:00	6,08	6,11	6,01	6,01	6,13	6,24	5,90	6,24	5,90	0,663	0,222	0,001	0,709	0,437	0,62
21:00	6,06	6,08	5,86	6,04	5,96	6,19	5,81	6,19	5,81	0,118	0,379	<0,001	0,814	0,965	0,158
23:00	6,20	6,32	6,14	6,25	6,19	6,39	6,05	6,39	6,05	0,201	0,473	<0,001	0,965	0,361	0,32

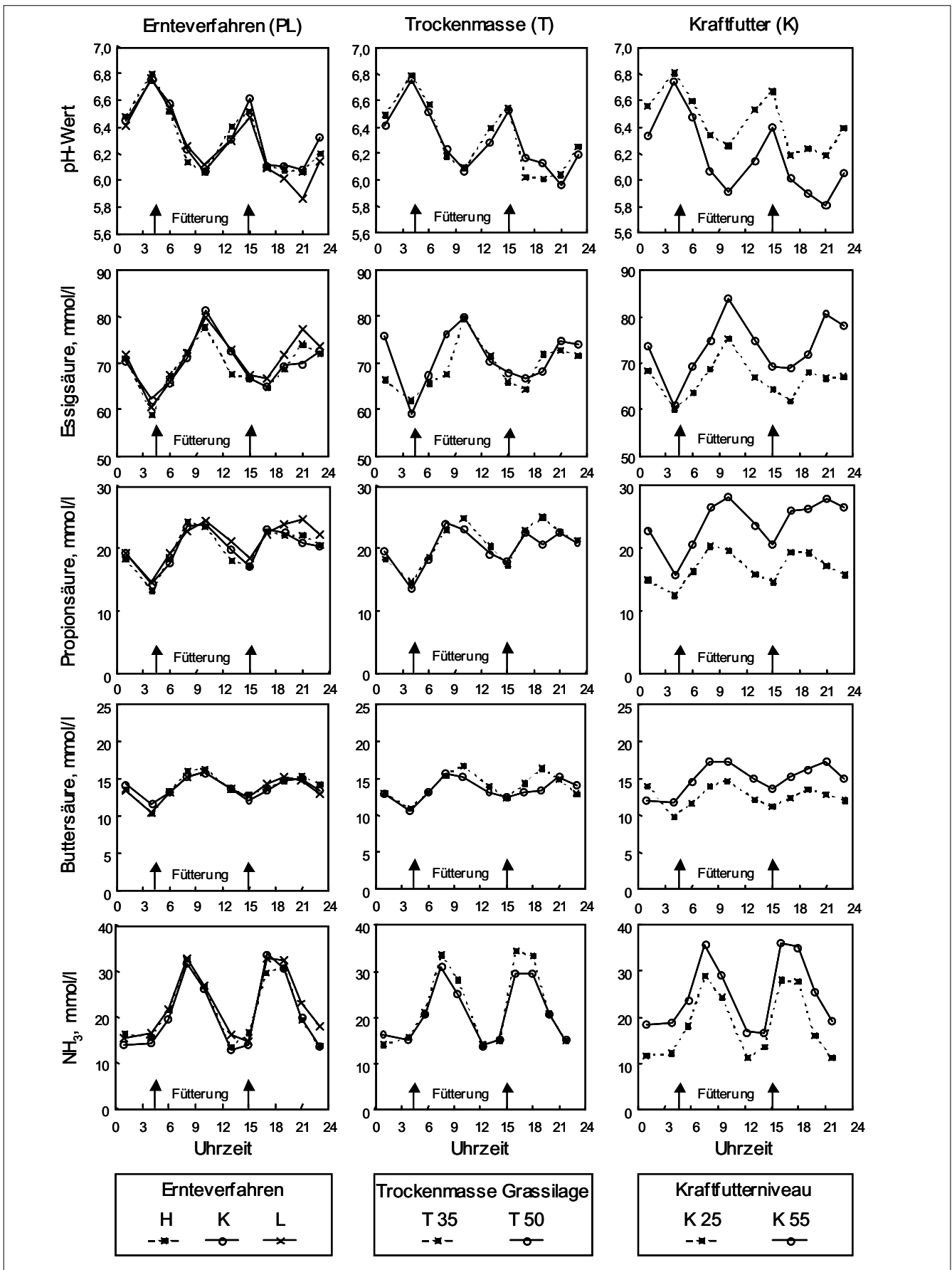


Abbildung 1: Pansenparameter im tageszeitlichen Verlauf – pansenfistulierte Rinder  
 Ruminal fermentation parameters in the course of the day – ruminally fistulated cattle

Bei hohem Kraffutterniveau (K55) wurde im Vergleich zu K25 eine geringere Verdaulichkeit der XF (67 bzw. 60 %), der NDF (63 bzw. 59 %) und der ADF (63 bzw. 59 %) festgestellt. Die Verdaulichkeit des XP (68 bzw. 65 %) lag in Gruppe K55 tendenziell und die Verdaulichkeit von XX (80 bzw. 82 %) signifikant über K25. Die Energiekonzentration der Gesamtration stieg von 10,6 (K25) auf 11,0 MJ ME (K55) an.

#### Parameter der Pansenfermentation

Weder durch das Ernteverfahren (H, K, L) noch durch den Trockenmassegehalt der Grassilagen (T35 bzw. T50) wurden die untersuchten Parameter der Pansenfermentation wesentlich beeinflusst (*Tabelle 9* und *Abbildung 1*).

Nach der Gefrierlagerung (-18 °C, 3 - 5 Monate) der Pansensaftproben wurde ein höherer pH-Wert als bei der unmittelbaren Untersuchung nach der Entnahme festgestellt. Im Durchschnitt aller Gruppen ergab sich in der frischen Pansensaftprobe ein pH-Wert von 6,3 und nach der Gefrierlagerung ein Wert von 6,8. Die Azidität und Alkalität lagen bei 12 bzw. 100 mmol/l. Im Mittel wurde eine Essigsäurekonzentration von 70 mmol/l festgestellt. Im Vergleich zu Gruppe H lag die Essigsäurekonzentration in L tendenziell auf höherem Niveau (69 bzw. 71 mmol/l). Die Propion- bzw.

Buttersäurekonzentration betrug im Mittel 20 bzw. 14 mmol/l.

Auf hohem Kraffutterniveau (K55) wurde im Vergleich zu K25 im Tagesmittel ein signifikant tieferer pH-Wert (6,2 bzw. 6,4) festgestellt. Der Essigsäuregehalt stieg von 67 auf 73, der von Propionsäure von 17 auf 24 und der von Buttersäure von 12 auf 15 mmol/l an. Entsprechend dem pH-Wert stiegen auch die Azidität (7 auf 16 mmol/l) und die Alkalität (96 auf 105 mmol/l) von Gruppe K25 auf K55 an. Die NH<sub>3</sub>-Konzentration lag in Gruppe K55 auf höherem Niveau als in K25.

Im tageszeitlichen Verlauf lagen, mit Ausnahme der Proben um 4:00 Uhr, die pH-Werte der Gruppe K55 immer signifikant auf tieferem Niveau als in K25. Die größten Differenzen zwischen den Kraffutterniveaus wurden 4 - 7 Stunden nach Fütterungsbeginn festgestellt. Nach der Morgenfütterung wurde um 10:00 Uhr der tiefste pH-Wert mit 6,3 bzw. 5,9 für Gruppe K25 bzw. K55 festgestellt. Vor Beginn der Abendfütterung lag der Wert in K55 noch signifikant unter K25. Nach der Abendfütterung zeigten sich, etwas verzögert als morgens, erst um 21:00 Uhr die tiefsten pH-Werte mit 6,2 (K25) und 5,8 (K55). Bis zur folgenden Morgenfütterung stieg der pH-Wert in beiden Kraffuttergruppen wieder auf vergleichbares Niveau an.

Mit Ausnahme der Proben um 4:00 und 6:00 Uhr war die Essigsäurekonzentration des Pansensaftes in K55 signifikant höher als in K25. Die Propionsäurekonzentration war im Verlauf des Tages in Gruppe K55 immer höher als in K25. Ein vergleichbares Bild zeigte sich auch bei der Buttersäure.

In den *Tabellen 10* und *11* ist der Zusammenhang zwischen den Rationskriterien und dem durchschnittlichen pH-Wert bzw. der mittleren Gärsäurenkonzentration des Pansens dargestellt. Der pH-Wert des Pansensaftes wurde am deutlichsten von der aufgenommenen Kraffuttermenge beeinflusst ( $R^2 = 72\%$ ). Ein Bestimmtheitsmaß über 60 % wurde auch für den Kraffutteranteil, die aufgenommene NFC-Tagesmenge und die ADF- bzw. NDF-Aufnahme aus dem Grundfutter festgestellt. Ein etwas geringeres Bestimmtheitsmaß zeigte sich für die NFC- und Rohfaseraufnahme aus dem Grundfutter und die ADF- und XX-Konzentration der Ration. Von den Strukturbewertungssystemen wurde für den Strukturwert ( $R^2 = 55\%$ ) der engste Zusammenhang zum pH-Wert festgestellt. Für die strukturwirksame XF bzw. strukturierte XF ergab sich ein  $R^2$  von 50 bzw. 46 %.

Bei den Gehalten an flüchtigen Fettsäuren beeinflusste die Rationsgestaltung am deutlichsten die Propionsäurekonzentration. Entsprechend dem pH-Wert zeigte sich hier der engste Zusammenhang zwischen der Gärsäurenkonzentration und der aufgenommenen Kraffuttermenge.

**Tabelle 10: Rationskriterien<sup>1)</sup> und pH-Wert des Pansensaftes (frisch) - pansen fistulierte Rinder**

*Characteristics<sup>1)</sup> of diets and rumen pH - ruminally fistulated cattle*

	R <sup>2</sup>	S <sub>e</sub>
<b>Futter- und Nährstoffaufnahme</b>		
pH = 6,61 - 0,0564 KF (kg KF/Tag)	72,1	0,089
pH = 6,66 - 0,0090 KF % (% KF/kg T <sub>GES</sub> )	62,5	0,103
pH = 6,85 - 0,00011 NFC (NFC g/Tag)	61,3	0,105
pH = 6,87 - 0,00007 NFE (NFE g/Tag)	53,4	0,115
<b>Kohlenhydratfraktionen - Konzentration</b>		
pH = 7,87 - 0,0041 NFC (g/kg T)	59,5	0,107
pH = 5,25 + 0,0049 ADF (g/kg T)	57,5	0,110
pH = 9,30 - 0,0053 XX (g/kg T)	56,5	0,111
pH = 5,41 + 0,0048 XF (g/kg T)	53,0	0,116
pH = 5,00 + 0,0035 NDF (g/kg T)	51,2	0,117
<b>Strukturkohlenhydratfraktionen aus Grundfutter</b>		
pH = 5,77 + 0,0031 ADF <sub>GF</sub> (g ADF <sub>GF</sub> /kg T <sub>GES</sub> )	60,9	0,106
pH = 5,78 + 0,0019 NDF <sub>GF</sub> (g NDF <sub>GF</sub> /kg T <sub>GES</sub> )	60,6	0,106
pH = 5,79 + 0,0034 XF <sub>GF</sub> (g XF <sub>GF</sub> /kg T <sub>GES</sub> )	57,6	0,110
<b>Strukturbewertungssysteme</b>		
pH = 5,75 + 0,3334 SV <sub>DEBRABANDER</sub>	55,1	0,113
pH = 5,85 + 0,0031 str. XF <sub>HOFFMANN</sub> (g/kg T)	50,0	0,119
pH = 5,88 + 0,0043 str. XF <sub>MENKE</sub> (g/kg T)	46,1	0,124

<sup>1)</sup> P-Wert < 0,05

### 3.2 Untersuchungen mit Milchkühen

#### Futtermenge und Rationskriterien

In den *Tabellen 12* bis *13* sind die Ergebnisse der Futtermenge und die Rationskriterien der Untersuchungen mit Milchkühen angeführt. Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren wurden nur vereinzelt festgestellt.

Das Ernteverfahren bzw. die Partikellänge der Grassilage beeinflusste weder die Grund- noch die Gesamtfuttermenge der Milchkühe signifikant. Es wurde eine mittlere Grundfuturaufnahme von 11,9 kg T und eine Gesamtfuturaufnahme von 20,8 kg T festgestellt. Die Energie-

**Tabelle 11: Rationskriterien<sup>1)</sup> und Gärsäurenkonzentration im Pansenaft - pansenfistulierte Rinder***Characteristics<sup>1)</sup> of diets and concentration of rumen fatty acids - ruminally fistulated cattle*

	R <sup>2</sup>	s <sub>e</sub>
<b>Essigsäure (mmol/l)</b>		
ES = 62,4 + 1,410 KF (kg T/Tag)	34,6	4,8
ES = 60,6 + 0,236 KF % (% KF/kg T <sub>GES</sub> )	32,8	4,9
<b>Propionsäure (mmol/l)</b>		
PS = 12,9 + 1,412 KF (kg T/Tag)	57,6	3,1
PS = 11,1 + 0,237 KF % (% KF/kg T <sub>GES</sub> )	54,9	3,2
PS = 34,5 - 0,051 NDF <sub>GF</sub> (g NDF <sub>GF</sub> /kg T <sub>GES</sub> )	54,0	3,2
PS = -18,6 + 0,103 NFC (g/kg T)	47,6	3,4
PS = 35,2 - 8,745 SW <sub>DEBRABANDER</sub>	48,4	3,4
<b>Buttersäure (mmol/l)</b>		
BS = 10,4 + 0,649 KF (kg T/Tag)	36,2	2,1
BS = 9,6 + 0,108 KF % (% KF/kg T <sub>GES</sub> )	34,1	2,2
BS = 20,4 - 0,023 NDF <sub>GF</sub> (g NDF <sub>GF</sub> /kg T <sub>GES</sub> )	34,6	2,2
BS = -5,9 + 0,052 NFC (g/kg T)	36,5	2,1
BS = 21,1 - 4,280 SW <sub>DEBRABANDER</sub>	34,7	2,2

<sup>1)</sup> ES, PS, BS = Essigsäure, Buttersäure, Propionsäure in mmol/l Pansenaft; P-Wert < 0,05

aufnahme aus dem Grundfutter lag in Gruppe L mit knapp 70 MJ NEL unter den Gruppen H und K, für die sich 74 MJ NEL ergaben. Demgegenüber zeigten sich in der Gesamtfutteraufnahme (136 - 141 MJ NEL) keine statistisch gesicherten Unterschiede. Die Energiekonzentration lag jedoch in Gruppe L mit knapp 6,5 MJ NEL ebenfalls auf tieferem Niveau als in den Gruppen H und K (6,7 MJ NEL). Die Kohlenhydrataufnahme, die Nährstoffversorgung und auch die Struktur- und Kohlenhydratversorgung wurden von der Partikellänge der Grassilagen nicht beeinflusst.

Die Erhöhung des Trockenmassegehaltes der Grassilage verringerte die Grassilage- und Grundfutteraufnahme signifikant. In den Gruppen T35 bzw. T50 lag die Grassilageaufnahme bei 7,7 kg T bzw. 5,8 kg T und die Grundfutteraufnahme bei 12,5 bzw. 11,3 kg T. Im Gegensatz dazu nahmen die Tiere in T50 signifikant mehr Maissilage und Kraftfutter auf. Die Gesamtfutter- und Energieaufnahme lag daher in beiden Trockenmassestufen mit 20,9 bzw. 20,6 kg T und 138,2 bzw. 138,5 MJ NEL auf gleichem Niveau. Mit Ausnahme der Rohfaser- und ADF-Aufnahme bestanden zwischen T35 und T50 auch keine gesicherten Unterschiede in der Nährstoffaufnahme pro Tag. Die Energiekonzentration war jedoch in Gruppe T50 signifikant höher und die Rohfaser- und ADF-Konzentration niedriger. Die geringere Grassilage- sowie höhere Maissilage- und Kraftfutteraufnahme in Gruppe T50

führte zu einer im Vergleich zu T35 etwas geringeren Strukturversorgung (XF, strukturierte XF, Strukturwert, NDF aus Grundfutter und ADF).

Mit steigendem Kraftfutteranteil (5,4 bzw. 12,0 kg T Kraftfutter pro Tag) ging die Grundfutteraufnahme von 14,2 auf 9,6 kg T zurück und stieg die Gesamtfutteraufnahme von 19,8 auf 21,8 kg T an. Unter Berücksichtigung des fixen Effektes „Tier“ sowie der Lebendmasse und Milchleistung als Regressionsvariable im statistischen Modell errechnet sich eine mittlere Verdrängung des Grundfutters von 0,85 kg T (P < 0,05, R<sup>2</sup> = 0,95) bzw. ein Anstieg der Gesamtfutteraufnahme von 0,17 kg T pro kg T Kraftfutterzulage (P < 0,05, R<sup>2</sup> = 0,95). Auf hohem Kraftfutterniveau wurde eine signifikant geringere Aufnahme an Energie- und Strukturkohlenhydraten aus dem Grundfutter festgestellt. Demgegenüber stieg die Gesamtenergie-, Rohprotein und nXP-Aufnahme von K25 auf K55 tendenziell und die Energie- und Rohproteinkonzentration von 6,4 auf 6,9 MJ NEL bzw. 14,3 auf 15,7 % signifikant an. Bei hoher Kraftfütterergänzung wurde eine um 16 % bzw. 11 MJ NEL über dem Bedarf liegende Energieversorgung festgestellt. In Gruppe K25 entsprach die Energieaufnahme mit 127,3 MJ NEL nahezu dem Bedarf (1 % über Bedarf). Die Rohfaser- bzw. NDF- und ADF-Gehalte lagen in Gruppe K25 bei 19 bzw. 40 und 23 % und in Gruppe K55 bei 16 bzw. 34 und 19 %. Auch die Gehalte an strukturierter Rohfaser (10 bzw.

7 %), an strukturwirksamer Rohfaser (16 bzw. 10 %) und der Strukturwert (1,8 bzw. 1,2), gingen von Gruppe K25 auf K55 signifikant zurück. In K55 wurde der unterstellte Maximalanteil an NFC pro kg T überschritten, die Minimalmenge an Rohfaser, strukturierter XF und strukturwirksamer Rohfaser unterschritten. Auch der ADF-Gehalt lag in K55 im Grenzbereich. Die Ration K55 lag bei der Strukturbewertung mittels Strukturwert bzw. NDF-Gehalt (aus Gesamtfutter bzw. aus Grundfutter) aber noch deutlich über dem unterstellten Minimum.

### Milchleistung, Milchhaltsstoffe und Blutparameter

Die Milchleistung ging mit steigender Partikellänge tendenziell zurück (27,4, 26,8 und 26,2 kg in den Gruppen H, K und L). Es zeigte sich keine signifikante Beeinflussung der Milchhaltsstoffe durch das Ernteverfahren (Tabelle 14). Im Durchschnitt der Gruppen wurde ein Fettgehalt von 4,5 %, ein Eiweißgehalt von 3,5 %, ein Laktosegehalt von 4,8 % und ein Harnstoffgehalt der Milch von 21 mg/100 ml festgestellt. Da der Milchfettgehalt in Gruppe L auf geringfügig höherem Niveau lag, ergab sich für die errechnete ECM-Leistung kein Unterschied zwischen den Gruppen H, K und L. Auch die Blutparameter lagen auf gleichem Niveau.

Bei hohem Trockenmassegehalt der Grassilage wurde im Vergleich zu Gruppe T35 eine tendenziell höhere Milchleistung der Kühe (26,4 bzw. 27,2 kg) festgestellt, ebenso beim Milcheiweißgehalt und bei der Eiweiß- und Laktosemenge. Bei den Blutparametern wurde mit Ausnahme von bHBS kein signifikanter Einfluss des Trockenmasseniveaus der Grassilage ermittelt.

In den Kraftfuttergruppen K25 bzw. K55 wurde eine Milchleistung von 25,7 bzw. 27,9 kg festgestellt. Bei einer Residualstandardabweichung von 1,1 kg war dieser Unterschied zwischen den Kraftfutterniveaus nicht gesichert. Der Rückgang des Fettgehaltes von 4,77 auf 4,24 % lag an der Signifikanzgrenze. Der Milcheiweißgehalt betrug in Gruppe K25 3,42 % und in Gruppe K55 3,65 %. Diese Gruppendifferenz konnte, wie auch die weiteren Milchleistungsergebnisse, statistisch nicht abgesichert werden. Das Kraftfutterniveau führte zu keiner signifi-

**Tabelle 12: Futter- und Nährstoffaufnahme - Milchkühe (Haupteffekte)**  
*Feed and nutrient intake - dairy cows (main effect)*

		Ernteverfahren (PL)			Trockenmasse (T)		Krafftutter (K)		s <sub>e</sub>	PL	T	P-Werte			
		H	K	L	35	50	25	55				K	PL x T	PL x K	
Anzahl	n	16	16	16	36	12	18	30							
Grundfutter	kg T	12,02	11,96	11,79	12,52	11,33	14,24	9,61	0,57	0,669	<0,001	0,007	0,957	0,628	
Grassilage	kg T	6,53	6,58	6,33	7,16	5,80	7,70	5,26	0,50	0,531	<0,001	0,011	0,974	0,545	
Maissilage	kg T	5,49	5,38	5,46	5,36	5,52	6,53	4,35	0,21	0,491	0,049	0,005	0,410	0,929	
Krafftutter	kg T	8,79	8,49	8,73	8,23	9,11	5,35	11,99	0,42	0,294	<0,001	<0,001	0,293	0,894	
Mineralstoffe	kg T	0,19	0,18	0,19	0,17	0,20	0,19	0,19	0,02	0,815	<0,001	0,998	0,433	0,784	
Krafftutter	% des GES	40,8	40,4	41,2	38,4	43,1	26,9	54,7	1,4	0,512	<0,001	<0,001	0,755	0,897	
Gesamtfutter	kg T	21,00	20,63	20,70	20,92	20,64	19,77	21,79	0,76	0,563	0,339	0,331	0,553	0,698	
Gesamtfutter	g T/kg LM <sup>x</sup>	171,1	168,0	169,4	171,0	168,0	160,3	178,8	4,9	0,425	0,126	0,120	0,399	0,567	
<b>Nährstoffe aus Grundfutter</b>															
Energie	MJ NEL	74,4	73,8	69,8	75,8	69,5	86,7	58,6	3,6	0,022	<0,001	0,007	0,398	0,498	
Rohfaser	g	2892	2841	2855	2979	2746	3390	2335	137	0,715	<0,001	0,011	0,785	0,794	
NDF	g	5572	5468	5407	5580	5384	6510	4454	256	0,396	0,056	0,008	0,887	0,714	
ADF	g	3369	3353	3309	3509	3178	3981	2706	164	0,721	<0,001	0,009	0,683	0,776	
<b>Nährstoffe aus Krafftutter</b>															
Energie	MJ NEL	66,6	64,3	66,1	62,4	69,0	40,6	90,8	3,3	0,311	<0,001	<0,001	0,308	0,897	
Rohfaser	g	747	721	742	703	771	449	1024	38	0,321	<0,001	<0,001	0,294	0,918	
NDF	g	2153	2079	2140	2017	2232	1310	2939	101	0,271	<0,001	<0,001	0,271	0,889	
ADF	g	989	955	983	927	1025	602	1350	46	0,271	<0,001	<0,001	0,271	0,889	
<b>Nährstoffe aus Gesamtfutter</b>															
Energie	MJ NEL	141,0	138,1	135,9	138,2	138,5	127,3	149,4	5,4	0,145	0,861	0,116	0,370	0,731	
Rohprotein	g	3157	3106	3111	3148	3101	2823	3427	139	0,695	0,385	0,063	0,780	0,619	
nXP	g	3177	3110	3092	3122	3130	2842	3411	126	0,338	0,866	0,077	0,471	0,748	
Rohfaser	g	3639	3562	3597	3682	3516	3839	3359	147	0,542	0,007	0,236	0,656	0,775	
NDF	g	7725	7548	7547	7597	7616	7820	7393	290	0,336	0,866	0,594	0,742	0,733	
ADF	g	4359	4308	4292	4436	4203	4583	4056	172	0,693	0,002	0,280	0,485	0,743	
NFC	g	8118	7974	8034	8110	7974	7114	8970	308	0,615	0,258	0,030	0,222	0,776	
N-freie Extraktstoffe	g	12204	11960	11984	12025	12073	11095	13004	457	0,469	0,787	0,119	0,411	0,781	

**Tabelle 13: Rationskriterien bzw. Nährstoff-, Struktur- und Kohlenhydratversorgung - Milchkühe** (Haupteffekte)  
*Characteristics of diets and supply with nutrients, structural and non structural carbohydrates - dairy cows (main effects)*

		Ernteverfahren (PL)			Trockenmasse (T)		Krafffutter (K)		s <sub>e</sub>	PL	T	P-Werte		
		H	K	L	35	50	25	55				K	PL x T	PL x K
Energie	MJ NEL/kg T	6,70	6,68	6,54	6,59	6,69	6,43	6,85	0,03	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Rohprotein	g/kg T	150	150	150	150	150	143	157	2	0,900	0,915	<0,001	0,779	0,436
Rohfaser	g/kg T	175	174	175	177	172	194	155	4	0,735	0,001	<0,001	0,607	0,718
Rohfaser aus GF	g XF <sub>GF</sub> /kg T <sub>GES</sub>	140	139	140	145	135	172	108	4	0,898	<0,001	<0,001	0,536	0,763
Strukturierte XF	g/kg	85	84	86	85	85	103	67	4	0,448	0,816	<0,001	0,382	0,505
Strukturwirksame XF	g/kg	129	127	130	130	127	157	100	5	0,331	0,084	<0,001	0,375	0,441
Strukturwirksame XF	g/Tag	2673	2585	2652	2688	2586	3101	2173	134	0,359	0,058	0,015	0,492	0,789
Strukturwert	SW	1,54	1,53	1,54	1,59	1,49	1,84	1,24	0,05	0,883	<0,001	<0,001	0,499	0,733
NDF	g/kg T	370	367	366	365	370	395	340	4	0,082	0,001	<0,001	0,191	0,888
NDF aus GF	g NDF <sub>GF</sub> /kg T <sub>GES</sub>	270	268	265	271	265	329	206	7	0,322	0,026	<0,001	0,420	0,948
ADF	g/kg T	209	210	209	213	205	232	187	4	0,770	<0,001	<0,001	0,567	0,922
ADL	g/kg T	28	28	29	29	28	30	28	1	0,231	0,031	0,051	0,205	0,211
N-freie Extraktstoffe	g/kg T	580	578	577	573	583	561	596	4	0,440	<0,001	<0,001	0,112	0,691
NFC	g/kg T	385	385	386	386	385	360	411	5	0,816	0,684	<0,001	0,084	0,763
<b>Energie- u. Strukturversorgung<sup>1)</sup></b>														
NEL-Versorgung <sup>2)</sup>	MJ	+11,8+10,6		+10,3	+11,4	+10,4	+1,4	+20,4	4,9	0,781	0,610	0,031	0,126	0,706
Rohfaser	% v. min	109,3	108,6	109,5	110,8	107,4	121,5	96,7	2,5	0,731	0,001	<0,001	0,608	0,720
Strukturw. XF	% v. min	110,5	106,4	109,7	111,3	106,4	127,4	90,3	5,2	0,229	0,023	0,002	0,471	0,768
Strukturierte XF	% v. min	100,4	98,5	101,0	99,7	100,1	121,1	78,7	4,3	0,448	0,816	<0,001	0,382	0,504
Strukturwert	% v. min	157,6	158,4	161,1	164,7	153,4	198,6	119,5	5,1	0,335	<0,001	<0,001	0,738	0,307
NDF	% v. min	132,1	131,0	130,7	130,3	132,2	141,1	121,4	1,3	0,082	0,001	<0,001	0,188	0,878
NDF aus Grundfutter	% v. min	150,0	148,9	147,3	150,4	147,0	183,0	114,4	3,7	0,322	0,026	<0,001	0,420	0,948
ADF	% v. min	116,2	116,7	116,0	118,6	114,0	128,9	103,7	2,2	0,773	<0,001	<0,001	0,566	0,924
NFC	% v. max	96,2	96,3	96,6	96,5	96,2	90,0	102,7	1,3	0,811	0,685	<0,001	0,085	0,766

<sup>1)</sup> 100 % entsprechen: Rohfaser 160 g/kg T; str. Rohfaser – Hoffmann 100 g/kg T; str. Rohfaser – Menke 85 g/kg T; Strukturwert – De Brabander 1/kg T; NDF 280 g/kg T; NDF aus Grundfutter 180 g/kg T; ADF 180 g/kg T; NFC 400 g/kg T

<sup>2)</sup> NEL – Versorgung = Energieangebot - Energiebedarf

**Tabelle 14: Milchleistung, Lebendmasse und Blutparameter - Milchkühe (Haupteffekte)**  
*Milk yield, live weight and blood parameters - dairy cows (main effects)*

		Ernteverfahren (PL)			Trockenmasse (T)		Kraftfutter (K)		s <sub>e</sub>	P-Werte				
		H	K	L	35	50	25	55		PL	T	K	PL x T	PL x K
Milchmenge	kg	27,44	26,77	26,19	26,40	27,21	25,67	27,94	1,10	0,070	0,065	0,581	0,401	0,411
ECM	kg	29,12	28,56	28,06	28,40	28,76	28,07	29,09	1,31	0,246	0,491	0,811	0,641	0,335
Fett	%	4,44	4,52	4,55	4,57	4,44	4,77	4,24	0,22	0,587	0,139	0,078	0,812	0,779
Eiweiß	%	3,53	3,54	3,53	3,51	3,56	3,42	3,65	0,06	0,978	0,042	0,221	0,431	0,161
Laktose	%	4,78	4,77	4,77	4,75	4,79	4,73	4,81	0,05	0,829	0,019	0,308	0,665	0,880
Milchharnstoff	mg/100 ml	20,5	20,4	21,8	20,4	21,4	20,4	21,3	1,7	0,189	0,152	0,737	0,577	0,862
Fett	kg/Tag	1,22	1,20	1,18	1,21	1,19	1,22	1,18	0,07	0,655	0,651	0,803	0,863	0,476
Eiweiß	kg/Tag	0,97	0,95	0,93	0,93	0,97	0,88	1,01	0,04	0,125	0,028	0,322	0,512	0,306
Laktose	kg/Tag	1,31	1,28	1,25	1,25	1,31	1,21	1,35	0,06	0,089	0,023	0,500	0,524	0,492
<b>Lebendmasse</b>														
Lebendmasse	kg	608	610	605	606	609	609	606	11	0,588	0,388	0,947	0,709	0,979
<b>Blutparameter</b>														
Harnstoff (20 – 30) <sup>1)</sup>	mg/100ml	21,5	21,3	23,1	22,7	21,3	21,9	22,0	3,8	0,470	0,292	0,983	0,826	0,634
Phosphor (1,6 – 2,3)	mmol/l	1,65	1,67	1,62	1,63	1,66	1,66	1,63	0,53	0,776	0,618	0,860	0,876	0,863
Calcium (2,3 – 3,0)	mmol/l	2,58	2,27	2,49	2,55	2,35	2,41	2,48	0,34	0,106	0,098	0,537	0,345	0,996
Magnesium (0,8 – 1,3)	μmol/l	1,11	1,15	1,07	1,09	1,12	1,11	1,10	0,12	0,298	0,521	0,903	0,669	0,897
Creatinin (80 – 135)	μmol/l	119	124	129	125	122	120	127	21	0,573	0,669	0,061	0,922	0,521
Totalbilirubin (1 – 6)	μmol/l	2,09	2,21	2,60	2,36	2,25	2,40	2,20	0,69	0,210	0,644	0,535	0,511	0,075
AST (bis 30 (bis 80) <sup>2)</sup> )	IU/l	35,1	38,2	33,4	33,7	37,5	34,0	37,1	6,6	0,227	0,098	0,697	0,701	0,652
GGT (bis 15 (bis 50) <sup>2)</sup> )	IU/l	15,9	15,2	15,5	15,2	15,9	16,0	15,1	1,8	0,605	0,230	0,371	0,459	0,613
βHBS (0 – 0,86)	mmol/l	0,75	0,76	0,89	0,98	0,62	0,97	0,63	0,31	0,503	0,001	0,360	0,990	0,442
FFS	mmol/l	0,06	0,05	0,04	0,07	0,03	0,02	0,08	0,11	0,914	0,330	0,110	0,616	0,438

<sup>1)</sup> ( ) Referenzbereich vet. med. Universität Wien

<sup>2)</sup> ( ) Referenzbereich nach KRAFT und DÜRR (1999)

fikanten Beeinflussung der Blutparameter.

## 4. Diskussion

### 4.1 Futterqualität

Bei niedriger Anwelkstufe (T35) beeinflusste das Ernteverfahren die Verdaulichkeit der OM und den Energiegehalt der Grassilage deutlich. Mit zunehmender Intensität der Futterzerkleinerung stieg die *in vivo*-Verdaulichkeit der OM (66,2, 71,3 und auf 73,1 % dO in L, K und H) an. Diese Ergebnisse werden auch von den Untersuchungen von PÖTSCH und RESCH (2002) bestätigt. In Kleinsiloversuchen mit gleichem Futtermaterial lag die *in vitro*-Verdaulichkeit der OM der Erntevariante L mit 65 % ebenfalls auf deutlich niedrigerem Niveau als in den Varianten K (71 %) und H (69 %). Die Autoren führen diese Ergebnisse auf den Gärverlauf zurück. Mit zunehmender Zerkleinerung des Futters kam es zu einer rascheren Absäuerung. Ein pH-Wert unter 5,0 wurde in Gruppe H nach 7 und in K nach 21 Tagen und in L erst nach 45 Tagen erreicht. Am 150. Lagerungstag wiesen die Silagen der Gruppen H, K und L einen pH-Wert von 4,2, 4,5 und 4,6 auf (PÖTSCH und RESCH 2002). Erklärungen für den positiven Einfluss der Zerkleinerung auf den Gärverlauf stellen einerseits die höhere Verdichtbarkeit und damit der geringere Gehalt an Restsauerstoff im Silo und andererseits der höhere Austritt von Zellsäften und die damit verbundene raschere und intensivere Gärung des Futters dar (GROSS und RIEBE 1974).

Intensives Zerkleinern von Grundfuttermitteln kann aber auch zu einer Verdaulichkeitsdepression der organischen Substanz, der Rohnährstoffe und insbesondere der pflanzlichen Gerüstsubstanzen führen (MILNE und CAMPLING 1972, ALWASH und THOMAS 1974, GREENHALGH und REID 1974, LAREDO und MINSON 1975, KELLNER et al. 1979, LESSARD und FISHER 1980, BEEVER et al. 1981, ROHR et al. 1983, RODE et al. 1985, SHAVER et al. 1986, WOODFORD und MURPHY 1988, BOURQUIN et al. 1994, CALLISON et al. 2001). Bei einer theoretischen Partikellänge der Grassilage von 17 (H), 34 (K) und 90 mm (L) wurde dieser Effekt in der vorliegenden Arbeit jedoch

nicht festgestellt. Wie bei Raufutter scheint auch bei Grassilagen erst eine sehr intensive Zerkleinerung deutliche Verdauungsdepressionen auszuüben (SCHWARZ et al. 1997).

Um den Einfluss des Trockenmassegehaltes der Grassilagen (35 bzw. 50 % T) auf die Versuchsfragen bearbeiten zu können, wurde in Gruppe T50 die Anwelkdauer am Feld verlängert und das Futter bei höherem Trockenmassegehalt geschwadet. Im Vergleich zu T35 wiesen die Silagen T50 höhere Gehalte an Strukturkohlenhydraten und geringere Konzentrationen an NFC bzw. XX auf. Diese Ergebnisse sind einerseits ein Hinweis auf höhere Bröckelverluste bei der Bereitung und Ernte von Grassilagen mit höherem Trockenmassegehalt. Andererseits dürften aber auch die verschlechterten Gärbedingungen der Silagen T50 den Nährstoffgehalt dahingehend beeinflusst haben, dass die fermentierbaren Kohlenhydrate verstärkt abgebaut wurden und sich die Strukturkohlenhydrate folglich anreicherten. Die geringere Verdichtbarkeit der Silagen führte, insbesondere im oberen Bereich der Hochsilos, zu Schimmel- und Hefebildung. Ein beträchtlicher Teil des Futters konnte daher nicht zur Fütterung herangezogen werden. PÖTSCH und RESCH (2002) stellten in den Kleinsiloversuchen mit den Grassilagen T50 nur eine sehr geringe und langsame pH-Wertabsenkung fest. Ein pH-Wert von 5,5 wurde in der Gruppe H nach 10 und in K und L erst nach 15 Wochen erreicht. Am 150. Lagerungstag wies die Silage der Gruppe H einen pH-Wert von 5,1, die Silagen der Gruppen K und L einen pH-Wert von jeweils 5,5 auf (PÖTSCH und RESCH 2002). In den ersten 3 Tagen war die Temperatur der Silagen T50 mit durchschnittlich 23,9 °C deutlich über der der Silagen T35, die eine Temperatur von 18,3 °C aufwiesen. Innerhalb von T50 zeigte sich beim Ernteverfahren H mit 26,3 °C die höchste und bei L mit 20,7 °C die geringste Erwärmung. Die Temperatur der Silage K lag mit 24,6 °C dazwischen (PÖTSCH und RESCH, persönliche Mitteilung). Die Konservierung hoch angewellter Silagen beruht primär nicht auf einer starken Säuerung sondern auf Basis der sich dabei ergebenden osmotischen Druckverhältnisse. Dabei muss jedoch mit höheren Atmungs- und

Gärverlusten und mit einem Verlust an löslichen Kohlenhydraten (CO<sub>2</sub>- und Wärmeproduktion) gerechnet werden (VAN SOEST 1994).

Die mittlere Partikellänge der Grassilagen lag deutlich über der theoretischen Schnittlänge. Dieser Effekt war bei den Ernteverfahren H und K stärker als bei L ausgeprägt. Bei niedriger Anwelkstufe (T35) lag die mittlere Partikellänge bei 38, 62 und 148 mm und bei hoher Anwelkstufe bei 32, 61 und 141 mm. Auch bei der Maissilage lag die mittlere Partikellänge, vergleichbar mit dem Häckselverfahren bei der Grassilageernte, mit 13 mm etwa das Zweifache über der theoretischen Schnittlänge. Die mittlere Partikellänge der Grundfutter- bzw. Gesamtfutterration unterschied sich zwischen den Anwelkstufen T35 und T50 nicht wesentlich. Obwohl mit steigendem Kraftfutteranteil die mittlere Partikellänge der Gesamtration deutlich zurückging, wurde selbst bei Einsatz des Häckslers und hoher Kraftfuterergänzung (K55) noch eine mittlere Partikellänge der Gesamtration über 1 cm festgestellt. In den Gruppen H, K und L lag diese bei niedriger Anwelkstufe der Grassilage bei 13, 20 und 43 mm.

### 4.2 Einfluss der Partikellänge der Grassilage

In vielen Versuchen wurde mit abnehmender Schnitt- bzw. Häcksellänge eine verbesserte Grassilageaufnahme festgestellt (MURDOCH 1965, DULPHY und DEMARQUILLY 1975, DE BRABANDER et al. 1976, CASTLE et al. 1979, DE BRABANDER et al. 1983, DESWYSEN et al. 1984, DE BOEVER et al. 1993, MOONEY und ALLEN 1997). Die Erhöhung der Grundfutteraufnahme kann einerseits mit der verkürzten Wiederkaudauer und der daraus resultierenden längeren Zeitspanne für die Futtermittelaufnahme erklärt werden. Andererseits weist sehr kurz geschnittenes Futter eine schnellere Passage durch den Verdauungstrakt auf. Bei hohen Kraftfutteranteilen wird bei kurz gehäckseltem Grundfutter allerdings die Grenze der Wiederkäuergerechtigkeit rascher erreicht. In der Folge sinkt der pH-Wert im Pansen, wodurch der Abbau der Strukturkohlenhydrate zurückgeht. In solchen Fällen wurde bei intensiver Zerkleinerung des Grundfutters nur eine



geringe oder keine Erhöhung bzw. sogar eine verminderte Futteraufnahme festgestellt (MURDOCH und HODGSON 1977, LESSARD und FISHER 1980, SANTINI et al. 1983, RODE et al. 1985, FIRKINS et al. 1986, SHAVER et al. 1986, WOODFORD et al. 1986, STOKES et al. 1987, GRANT et al. 1990, COLENBRANDER et al. 1991, POORE et al. 1993, LE LIBOUX und PEYRAUD 1998, DE BRABANDER et al. 1999, KONONOFF et al. 2000, YANG et al. 2001).

In den vorliegenden Untersuchungen wurde weder bei den fistulierten Rindern noch bei den Milchkühen ein signifikanter Einfluss der Partikellänge der Grassilage auf die Grund- und Gesamtfutteraufnahme festgestellt. Auch die Verdaulichkeit der Rohrnährstoffe der Gesamtration und die pansenphysiologischen Parameter wurden durch die Partikellänge der Grassilage nicht beeinflusst. Nur bei den Milchkühen stieg die Energieaufnahme mit abnehmender Partikellänge der Grassilage leicht an. Dementsprechend wurde tendenziell eine Zunahme der Milchleistung (26,2, 26,8 und 27,4 kg in Gruppe L, K und H) festgestellt. Zwischen den Gruppen H, K und L zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den Milch Inhaltsstoffen und Blutparametern.

Es ergaben sich keine Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren „Partikellänge“ und „Kraftfutterniveau“ bzw. „Partikellänge“ und „Trockenmassestufe“ der Grassilage.

Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass durch die unterschiedliche Erntetechnik die Strukturwirksamkeit der Ration und somit des Pansenstoffwechsels, die Passagerate und Verdaulichkeit sowie Futteraufnahme, Milchleistung und Stoffwechselparameter nicht wesentlich verändert werden. Dies deckt sich auch mit Literaturergebnissen, wonach erst bei intensiver Zerkleinerung des Grundfutters Auswirkungen auf Strukturwirksamkeit, Wiederkautätigkeit und Pansenstoffwechsel zu erwarten sind. Nach BEAUCHEMIN et al. (1994) sowie CLARK und ARMENTANO (1997) muss erst bei Unterschreitung einer mittleren Partikellänge von 0,6 - 1,0 bzw. 0,4 - 0,8 cm mit Effekten auf die Kauaktivität

und Strukturwirksamkeit der Ration gerechnet werden. Dies entspricht einer theoretischen Häcksellänge von etwa 5 - 10 mm (BEAUCHEMIN et al. 1994). In der vorliegenden Arbeit lag die theoretische Schnittlänge der Grassilage in Gruppe H bei 17 und in Gruppe K bei 34 mm. Auch unter Berücksichtigung des Maissilageanteils von 40 % (theoretische Schnittlänge von 6 mm), wurde der von BEAUCHEMIN et al. (1994) angegebene Grenzwert deutlich überschritten. Im Durchschnitt beider Anwelkstufen lag in den Gruppen H, K und L die mittlere Partikellänge der Gesamtration bei niedriger Kraftfutterergänzung (K25) bei 20, 31 und 69 mm. Auch bei hohem Kraftfutterniveau (K55) lag die mittlere Partikellänge mit 13, 20 und 42 mm in den Gruppen H, K und L deutlich über den oben beschriebenen Grenzwerten.

#### 4.3 Einfluss der Grassilagetrockenmasse

In den vorliegenden Versuchen wurde durch die Erhöhung des Trockenmassegehaltes die Grassilageaufnahme signifikant verringert. Dieser Effekt kann teilweise auf die höheren Gehalte an Strukturkohlenhydraten bzw. auf die geringeren Konzentrationen an NFC bzw. XX in den Grassilagen T50 zurückgeführt werden. Daneben dürften auch die verschlechterten Gärbedingungen die Futteraufnahme und Akzeptanz (Geruch, Geschmack) der Grassilagen T50 verringert haben. Dadurch kam es bei den Milchkühen in der Rationszusammensetzung auch zu einer geringfügigen Differenz zwischen den Gruppen T35 und T50. Die Kühe nahmen in T50 etwas mehr Maissilage bzw. Kraftfutter anstelle von Grassilage auf. In der Gesamtration wurde bei Einsatz der Grassilagen T50 eine signifikante Abnahme der Verdaulichkeit der OM und der XF festgestellt. Tendenziell lag auch die scheinbare Verdaulichkeit von XL, XX, NDF und ADF in Gruppe T50 auf niedrigerem Niveau. Bei Erwärmung von Silagen muss mit einer Verringerung der verdaulichen Nährstoffe und der Verdaulichkeit des Proteins gerechnet werden (VAN SOEST 1994). Bei herkömmlicher Lagerung ist hohes Anwelken von Grassilagen für die Praxis

nicht zu empfehlen (PÖTSCH und RESCH 2002).

Mit steigendem Trockenmassegehalt von Grundfutter wird von einer Zunahme der physikalischen Strukturwirksamkeit ausgegangen (MENKE 1987, HOFFMANN 1990). DE BRABANDER et al. (1999) differenzieren auch bei der Berechnung des Strukturwerts zwischen Heu und Grassilage. In der vorliegenden Arbeit zeigten sich jedoch keine Effekte der Trockenmasse der Grassilage auf die Pansenparameter. Eine Erklärung dafür dürfte auch hier die ausreichende Versorgung mit Struktur und Strukturkohlenhydraten in beiden Trockenmassestufen darstellen. Weiters muss berücksichtigt werden, dass die Tiere in T50 im Vergleich zu T35 weniger Grassilage und etwas mehr Maissilage und Kraftfutter aufnahmen. Dadurch kam es zu einer Kompensation bzw. Abschwächung des Trockenmasseeffektes.

#### 4.4 Einfluss des Kraftfutterniveaus

Durch Erhöhung des Kraftfutteranteils von 25 auf 55 % kam es zu einem Anstieg der Gesamtfutter- und Energieaufnahme. Bei den Milchkühen betrug die tägliche Gesamtfutteraufnahme 19,8 und 21,8 kg T bzw. die Energieaufnahme 127 und 149 MJ NEL in den Gruppen K25 und K55. Es wurde mit 0,85 kg T eine hohe Grundfuttermverdrängung durch Kraftfutter festgestellt. Eine Erklärung dafür stellt die deutlich über dem Bedarf liegende Energieversorgung in K55 dar. Durch physiologische Regulation muss bei einer über den Bedarf hinausgehenden Versorgung mit einer zunehmenden Grundfuttermverdrängung gerechnet werden (FAVERDIN et al. 1991, GRUBER et al. 2001). Daneben kann es bei steigender Kraftfutterergänzung, infolge reduzierter Wiederkautätigkeit und Speichelproduktion sowie einer rascheren Fermentation der leichtverdaulichen Kohlenhydrate, zu einer Absenkung des pH-Wertes im Pansen kommen. Dadurch wird die Aktivität zellulolytischer Pansenmikroben vermindert, wodurch es zu einer Verringerung der Abbau- und Passagerate der Zellwandbestandteile kommen kann (KAUFMANN 1976, LEBZINEN et al. 1981, COLUCCI et al. 1982, MOULD et al. 1984, ORSKOV 1986, UDÈN 1988, VAN SOEST 1994). Ein

Pansen-pH von 6,8 - 7,2 ist für die zellulolytische Aktivität der Mikroorganismen optimal (TERRY et al. 1969). Sinkt er unter 6,2 - 6,0 dann muss mit einem Rückgang der Verdaulichkeit der Strukturkohlenhydrate gerechnet werden (TERRY et al. 1969, STEWART 1977, VOIGT et al. 1978, SUTTON 1979, HOOVER 1986, BINES et al. 1988, BOURQUIN et al. 1994). Neben einer verringerten Passagerate der Zellwandbestandteile sind auch die Konzentrationen an flüchtigen Fettsäuren und die Pansenosmolarität wichtige kurzzeitige Faktoren, welche die Futterraufnahme bei Wiederkäuern steuern (LANGHANS et al. 1994).

In den Untersuchungen mit fistulierten Rindern wurde ein signifikanter Rückgang des mittleren Pansen-pH-Wertes von 6,4 (K25) auf 6,2 (K55) festgestellt. Im Gegensatz zu Gruppe K25 wurde in K55 im tageszeitlichen Verlauf über ca. 7,5 Stunden auch pH-Werte unter 6,0 festgestellt. Die Verdaulichkeit der Strukturkohlenhydrate war bei hoher Kraftfutterergänzung signifikant tiefer. Diese Ergebnisse können auf eine verringerte Aktivität der zellulolytischen Pansenmikroben in Gruppe K55 zurückgeführt werden. Bei hoher Kraftfutterergänzung wurde auch eine über der Höchstgrenze liegende NFC-Konzentration in der Ration erreicht bzw. das Minimum an strukturierter XF und strukturwirksamer Rohfaser unterschritten. Auch die ADF-Versorgung lag im Grenzbereich (MENKE 1987, HOFFMANN 1990, HUTJENS 1996, NRC 2001). Demgegenüber war der Strukturwert nach DE BRABANDER et al. (1999) noch deutlich über dem Mindestwert. Dies deckt sich auch mit den Aussagen der GfE (2001), wonach die „Sicherheitsspanne“ beim Strukturwert deutlich geringer ist als bei der Strukturbewertung mittels strukturwirksamer Rohfaser.

Obwohl die Milchleistungsergebnisse auf Grund der Versuchsanlage, Leistungshöhe und Nährstoffversorgung nur vorsichtig interpretiert werden sollten, weisen die Fettgehalte in Gruppe K55 (4,2 %) auf eine noch ausreichende Strukturversorgung hin. Dies wird auch durch den Anstieg der Gesamtfutterraufnahme von Gruppe K25 auf K55 bestätigt.

## 5. Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Weder Futterraufnahme noch Pansenparameter, Verdaulichkeit und Strukturversorgung wurden durch den Einsatz unterschiedlicher Grassilageernteverfahren, mit einer theoretischen Schnittlänge von 90 (Langschnittladewagen), 34 (Kurzschnittladewagen) bzw. 17 mm (Feldhäcksler) beeinflusst. Die verbesserten Gärbedingungen bei intensiverer Zerkleinerung der Grassilage sind in der Silagebereitung zu beachten.
- Die mittlere Partikellänge lag deutlich (60 - 120 %) über der theoretischen Schnittlänge.
- Die Erhöhung des Anwelkgrades der Grassilage von 35 auf 50 % T führte zu schlechteren Gärbedingungen und einer signifikant verringerten Grassilageaufnahme.
- Die Erhöhung des Kraftfutteranteils von 25 auf 55 % beeinflusste bei einer Grundfütterration von 60 % Grassilage und 40 % Maissilage die Pansenparameter signifikant. Der pH-Wert des Pansenflüssigkeit ging von 6,4 auf 6,2 im Tagesmittel zurück. Bei hoher Kraftfutterergänzung wurde ein Rückgang der Verdaulichkeit der Strukturkohlenhydrate festgestellt. Bei einem Kraftfutteranteil von 55 % war die Ration hinsichtlich der Strukturkohlenhydrat- bzw. Nichtstrukturkohlenhydratversorgung im Grenzbereich. Die Gesamtfutterraufnahme stieg jedoch von K25 auf K55 noch signifikant an. Die mittlere Partikellänge der Gesamtration lag auch bei der Ernte der Grassilage mittels Feldhäcksler noch über 1 cm.
- Es wurden keine Interaktionen zwischen den geprüften Faktoren „Partikellänge der Grassilage“, „Trockenmasseniveau der Grassilage“ und „Kraftfutterniveau“ festgestellt.

## 6. Zusammenfassung

In 2 Versuchen, mit 6 ausgewachsenen pansenfistulierten Rindern bzw. 12 Milchkühen, wurde in einer 3-faktoriellen Versuchsanordnung der Einfluss der Partikellänge (H, K, L) und des Trocken-

massegehaltes von Grassilagen (T35 bzw. T50) sowie des Kraftfutteranteils der Ration (K25 bzw. K55) auf Pansenparameter, Verdaulichkeit, Futterraufnahme und Nährstoffversorgung geprüft. Die unterschiedlichen Partikellängen der Grassilagen wurde durch Einsatz verschiedener Erntetechniken (H=Feldhäcksler, K=Kurzschnittladewagen, L=Langschnittladewagen) erreicht. Die Erhöhung des Trockenmassegehaltes der Grassilage von 35 (T35) auf 50 % (T50) erfolgte durch Verlängerung der Anwelkdauer am Feld. Die Grundfütterration setzte sich zu 60 % Grassilage und 40 % Maissilage zusammen und wurde mit 25 (K25) bzw. 55 % (K55) Kraftfutter ergänzt. Die Untersuchung mit den pansenfistulierten Rindern erfolgte in Form eines unvollständigen lateinischen Quadrates über 6 Versuchsperioden zu jeweils 14 Tagen. Der Versuch mit Milchkühen wurde in zwei getrennten lateinischen Quadraten (KF 25 und KF 55) mit 12 Tieren über 6 Versuchsperioden zu jeweils 14 Tagen durchgeführt.

Die mittlere Partikellänge der Grassilage betrug in den Gruppen H, K und L bei niedriger Anwelkstufe (T35) 38, 62 und 148 mm und bei hoher Anwelkstufe (T50) 32, 61 und 141 mm. Im Durchschnitt beider Anwelkstufen lag in den Gruppen H, K und L die mittlere Partikellänge der Gesamtration bei niedriger Kraftfutterergänzung (K25) bei 20, 31 und 69 mm. Bei hoher Kraftfutterergänzung (K55) betrug diese 13, 20 und 42 mm.

In T35 wurden deutliche Effekte des Ernteverfahrens auf die Verdaulichkeit der OM (73,1, 71,3, 66,2) und den Energiegehalt (10,3, 10,1, 9,3 MJ ME) der Grassilagen festgestellt. Bei hoher Anwelkstufe (T50) ergaben sich keine Einflüsse des Ernteverfahrens auf die Verdaulichkeit der OM (71 %) und die Energiekonzentration (10,1 MJ NEL) festgestellt. In Gruppe T50 kam es jedoch bei der Vergärung bzw. Lagerung zu Schimmelbildung. Die betroffenen Futterbereiche konnten nicht verfüttert werden.

In der Untersuchung mit fistulierten Rindern (Versuch 1) kam es durch das Ernteverfahren (H, K, L) zu keiner Beeinflussung der Pansenfermentation, der Verdaulichkeit der Gesamtration und der Futter- und Nährstoffaufnahme. In den

Gruppen T50 wurde signifikant weniger Grassilage als in T35 aufgenommen. Der pH-Wert sowie die Konzentrationen an flüchtigen Fettsäuren und  $\text{NH}_3$  im Pansensaft wurden durch den T-Gehalt der Grassilage nicht beeinflusst. Die Erhöhung des Kraffutteranteils (K25 bzw. K55) führte zu einer Reduktion der Grundfutteraufnahme von 9,0 auf 6,6 kg T und zu einem Anstieg der Gesamtfutteraufnahme von 12,0 auf 14,6 kg T. In K55 wurde im Vergleich zu K25 eine signifikant geringere Verdaulichkeit der XF (67 bzw. 60 %), der NDF (63 bzw. 59 %) und der ADF (63 bzw. 59 %) festgestellt. Der pH-Wert des Pansensaftes lag im Tagesmittel in K25 mit 6,4 signifikant über Gruppe K55, bei der ein Mittelwert von 6,2 festgestellt wurde. Im tageszeitlichen Verlauf des pH-Werts wurden die größten Differenzen zwischen den Kraffutterniveaus etwa 4 - 7 Stunden nach Fütterungsbeginn festgestellt.

Auch in den Untersuchungen mit Milchkühen (Versuch 2) kam es durch das Ernteverfahren bzw. die Partikellänge der Grassilagen zu keiner Beeinflussung der Futter- und Nährstoffaufnahme, der Nährstoffversorgung, der Milchleistung und der Blutparameter der Kühe. Die Erhöhung des Trockenmassegehaltes der Grassilagen (T35 bzw. T50) verringerte die Grassilage- und Grundfutteraufnahme signifikant. Die Grundfutteraufnahme lag bei 12,5 (T35) bzw. 11,3 kg T (T50). Die Tiere nahmen in Gruppe T50 jedoch mehr Kraffutter und auch Mais-silage auf als in Gruppe T35. Die Erhöhung des Kraffutteranteils (K25 bzw. K55) führte zu einer Reduktion der Grundfutteraufnahme von 14,2 auf 9,6 kg T und zu einem Anstieg der Gesamtfutteraufnahme von 19,8 auf 21,8 kg T. In der Milchleistung wurden keine statistisch gesicherten Differenzen zwischen den Kraffutterstufen festgestellt (25,7 bzw. 27,9 kg). Der Rückgang des Fettgehaltes von 4,77 auf 4,24 % lag an der Signifikanzgrenze.

Es wurde kein Einfluss der Partikellänge der Grassilage bzw. Erntetechnik auf die Pansenfermentation, Verdaulichkeit und Futteraufnahme festgestellt. Das hohe Anwelken der Grassilage führte zu einer schlechteren Futterkonservierung und geringeren Grundfutteraufnahme. Durch Erhöhung des Kraffutteranteils kam es zu einem Rückgang des pH-Wer-

tes im Pansen und zu einer Reduktion der Verdaulichkeit der Strukturkohlenhydrate. Bei einem Kraffutteranteil von 55 % war die Ration hinsichtlich der Strukturkohlenhydrat- bzw. Nichtstrukturkohlenhydratversorgung im Grenzbereich.

## 7. Summary

Effect of particle size and dry matter content of grass silage at different concentrate levels on ruminal fermentation patterns, digestibility and feed intake of cattle

In two 3 factorial experiments with 6 ruminally fistulated cattle and 12 dairy cows the effects of particle size (H, K, L) and DM content of grass silage (T35, T50) at different concentrate levels (K25, K55) on feed intake, digestibility and ruminal fermentation patterns were examined. The different particle lengths of grass silage were achieved by using different harvesting techniques (H=crop chopper, S=short cut silage trailer, L=long cut silage trailer). The increase of the DM content of the grass silages from 35 % (T35) to 50 % (T50) were achieved by a longer field wilting period. The forage ration consisted of 60 % grass silage and 40 % corn silage and was supplemented by 25 (K25) or 55 % (K55) concentrate. The experiment with the fistulated cattle followed an incomplete Latin square design of 6 periods of 14 days each. The experiment with dairy cows was conducted in two Latin squares (KF25 and KF55) over 6 periods of 14 days each.

The mean particle length of grass silage T35 was 38, 62 and 148 mm and that of T50 was 32, 61 and 141 mm in the groups H, K and L respectively. On an average the mean particle length of the total ration, regarding both grass silages (T35 and T50), was 20, 31 and 69 mm at low concentrate level (K25) and 13, 20 and 42 mm at high concentrate level (K55) in the groups H, K and L.

In group T35 the particle size (H, K, L) had a significant influence on the digestibility (73.1, 71.3, 66.2 resp.) and the energy content (10.3, 10.1, 9.3 MJ ME resp.) of the grass silages. In T50 no effects of the particle size on the digestibility of OM (71 %) and the energy content (10.1 MJ ME) were found. During

fermentation and storage parts of the grass silages of the groups T50 got mouldy – these parts had to be excluded from the feeding experiment.

In the experiment with fistulated cattle (experiment 1) feed and nutrient intake, the digestibility of the total ration and ruminal fermentation patterns were not influenced by the particle size of the grass silages. The grass silage intake in the group T50 was significantly lower than in T35. Ruminal fermentation patterns (pH, VFA,  $\text{NH}_3$ ) were not influenced by the DM content of the grass silages. The increase of the concentrate content (K25, K55 resp.) reduced the forage intake from 9.0 to 6.6 kg DM and increased the feed intake from 12.0 to 14.6 kg DM. The digestibility of XF (67 and 60 %), of NDF (63 and 59 %) and ADF (63 and 59 %) in group K25 was significantly higher than in group K55. In the daily mean the ruminal pH in group K25 (6.4) was higher than in group K55 (6.2). In the course of the day the highest differences between the concentrate groups K25 and K55 were found 4 - 7 hours after the beginning of feeding.

In the experiment with dairy cows (experiment 2) feed intake, nutrient supply, milk yield and blood parameters were not influenced by either the particle size or the harvest techniques (H, K, L) of the grass silages. The increase of the dry matter content of the grass silage (groups T35 and T50) reduced the grass silage and forage intake significantly. In the groups T35 and T50 the forage intake was 12.5 and 11.3 kg DM, respectively. On the other hand the intake of concentrate and corn silage was higher in group T50 than in group T35. The increase of the concentrate level from 25 to 55 % of the total ration reduced the forage intake from 14.2 to 9.6 kg DM and increased the total feed intake from 19.8 to 21.8 kg DM. Milk yield and milk composition did not significantly differ between the concentrate levels (25.7 and 27.9). The decrease of milk fat content from 4.77 to 4.24 % was nearly significant.

In the experiments ruminal fermentation patterns, digestibility of the total ration, feed intake, nutrient supply, milk yield and blood parameters were not influenced by either the particle size or the harvest techniques (H, K, L) of the grass

silages. The pre-wilting of grass silage to a high DM content resulted in unfavourable forage conservation and lower forage intake. The increase of the concentrate content reduced the ruminal pH and the digestibility of the structural carbohydrates. With regard to the supply of structural and non-structural carbohydrates the ration of group K55 was near-by the limit.

## Danksagung

Für die gute Zusammenarbeit bei der Versuchsanlage und Futterbereitung wird den Mitarbeitern der Abteilungen Grünland bzw. Mechanisierung der BAL Gumpenstein gedankt. Die Autoren bedanken sich beim Stall- und Wirtschaftspersonal für die Futterbereitung bzw. gewissenhafte Betreuung der Versuchstiere. Unser Dank gebührt aber auch den Bürokräften für die Datenverwaltung sowie den Mitarbeitern der Abteilungen für Stoffwechsel- und Nährstoffanalytik bzw. Biologische Nutztierhaltung der BAL Gumpenstein für die exakte Durchführung der chemischen Futter-, Pansen-saft- und Blutanalysen.

## 8. Literatur

- ALLEN, M.S., 1997: Relationship between fermentation acid production in the rumen and requirement for physically effective fibre. *J. Dairy Sci.* 80, 1447-462.
- ALVA (Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten), 1983: Österreichisches Methodenbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futterzusatzstoffen und Schadstoffen. Selbstverlag ALVA.
- ALWASH, A.H. und P.C. THOMAS, 1974: Effect of the size of hay particles on digestion in the sheep. *J. Sci. Food Agric.* 25, 139-147.
- 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.
- BEEVER, D.E., D.F. OSBOURN, S.B. CAMMELL und R.A. TERRY, 1981: The effect of grinding and pelleting on the digestion of Italian ryegrass and timothy by sheep. *Br. J. Nutr.* 46, 357-370.
- BINES, J.A., W.H. BROSTER, J.D. SUTTON, V.J. BROSTER, D.J. NAPPER, T. SMITH und J.W. SIVITER, 1988: Effect of amount consumed and diet composition on the apparent digestibility of feed in cattle and sheep. *J. Agric. (Camb.)* 110, 249-259.
- BOURQUIN, L.D., E.C. TITGEMEYER, N.R. MERCHEN und G.C. FAHEY jr., 1994: Forage level and particle size effects on orchardgrass digestion by steers: I. Site and extent of organic matter, nitrogen, and cell wall digestion. *J. Anim. Sci.* 72, 746-758.
- CALLISON, S.L., J. L. FIRKINS, M.L. EASTRIDGE und B.L. HULL, 2001: Site of nutrient digestion by dairy cows fed corn of different particle sizes or steam rolled. *J. Dairy Sci.* 84, 1458-1467.
- CASTLE, M.E., W.C. RETTER und J.N. WATSON, 1979: Silage and milk production: comparisons between grass silage of three different chop lengths. *Grass and Forage Sci.* 34, 293-301.
- 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.
- COLENBRANDER, V.F., C.H. NOLLER und R.J. GRANT, 1991: Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behaviour. *J. Dairy Sci.* 74, 2681-2690.
- COLUCCI, P.E., L.E. CHASE und P.J. VAN SOEST, 1982: Feed intake, apparent diet digestibility, and rate of particulate passage in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 65, 1445-1456.
- DE BOEVER, J.L., A. DE SMET, D.L. DE BRABANDER und C.H. BOUCQUE, 1993: Evaluation of physical structure. 1. Grass silage. *J. Dairy Sci.* 76, 140-153.
- DE BRABANDER, D.L., J.V. AERTS, C.V. BOUCQUE und F.X. BUYSE, 1976: Influence de la longueur de hachage de l'herbe ensilée sur l'ingestion chez les vaches laitières. *Revue de l'Agriculture* 29, 341-354.
- DE BRABANDER, D.L., J.V. AERTS, C.V. BOUCQUE und F.X. BUYSE, 1983: Influence de la finesse de hachage de l'ingestion et les résultats de production chez la vache laitière. *Revue de l'Agriculture* 36, 107-122.
- DE BRABANDER, D.L., J.L. DE BOEVER, J.M. VANACKER, C.V. BOUCQUE und S.M. BOTTERMAN, 1999: Evaluation of physical structure in dairy cattle nutrition. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Ed. P.C. Garnsworthy und J. Wiseman. Nottingham Univ. Press, 111-145.
- DESWYSEN, A.G., D.C. BRUYER und M. VANBELLE, 1984: Circadian rumination quality and voluntary silage intake in sheep and cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 64, Suppl., 341-342.
- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, 1997: DLG-Futterwerttabellen - Wiederkäuer. DLG-Verlag Frankfurt/Main, 212 S.
- DULPHY, J.P. und C. DEMARQUILLY, 1975: Influence de la machine de récolte sur les quantités d'ensilage ingérées et les performances des vaches laitières. *Annales de Zootechnie* 24, 363-371.
- FAVERDIN, P., J.P. DULPHY, J.B. COULON, R. VERITE, L.P. GAREL, L. ROUEL und B. MARQUIS, 1991: Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 27, 137-156.
- FIRKINS, J.L., L.L. BERGER, N.R. MERCHEN und G.C. FAHEY jr., 1986: Effects of forage particle size, level of feed intake and supplemental protein degradability on microbial protein synthesis and site of nutrient digestion in steers. *J. Anim. Sci.* 62, 1081-1094.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 65, 229-234.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag Frankfurt/Main, 136 S.
- GRANT, R.J., V.F. COLENBRANDER und D.R. MERTENS, 1990: Milk fat depression in dairy cows: Role of silage particle size. *J. Dairy Sci.* 73, 1834-1842.
- GRUBER, L., TH. GUGGENBERGER, A. STEINWIDDER, A. SCHAUER und J. HAEUSLER, 2001: Prediction of feed intake of dairy cows by statistical models using animal and nutritional factors. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 10, 125.
- GREENHALGH, J.F.D. und G.W. REID, 1974: Long- and short-term effects on intake of pelleting a roughage for sheep. *Anim. Prod.* 19, 77-86.
- GROSS, F. und K. RIEBE, 1974: Gärfutter. Eugen Ulmer Verlag Stuttgart, 168 S.
- HARVEY, W.R., 1987: User's guide for mixed model least-squares and maximum likelihood computer program. Ohio State University, USA.
- HOFFMANN, M., 1990: Tierfütterung. 2. überarbeitete Auflage; VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 320 S.
- HOOVER, W.H., 1986: Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 69, 2755-2766.
- HUTJENS, M.F., 1996: Practical approaches to feeding the high producing cow. *Anim. Feed Sci. Technol.* 59, 199-206.
- KAUFMANN, W., 1976: Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and on feed intake in ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 3, 103-114.
- KELLNER, R.J., M. KIRCHGESSNER und J. PALLAUF, 1979: Zur Verdaulichkeit der Zellwandbestandteile von Luzerneheu unter dem Einfluss von physikalischer Struktur, Schnitzeitpunkt und Fütterungsniveau. *Wirtschaftseig. Futter* 25, 209-214.
- KONONOFF, P.J., A.F. MUSTAFA, D.A. CHRISTENSEN und J.J. MCKINNON, 2000: Effects of barley silage particle length and effective fiber on yield and composition of milk from dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.*, 80, 749-752.
- KRAFT, W. und U.M. DÜRR, 1999: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. 5. überarbeitete und erweiterte Auflage. Schattauer Verlag Stuttgart, 374 S.
- KRAUSE, K.M., D.K. COMBS und K.A. BEAUCHEMIN, 2002: Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. II. Ruminal pH and chewing activity. *J. Dairy Sci.* 85, 1947-1957.
- LANGHANS, W., R. ROSSI und E. SCHARRER, 1994: Relationship between feed and water intake in ruminants. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 3, 117-118.
- LAREDO, M.A. und D.J. MINSON, 1975: The effect of pelleting on voluntary intake and dige-

- stibility of leaf and stem fractions of three grasses. *Br. J. Nutr.* 33, 159-170.
- LEBZIEN, P., K. ROHR und H.J. OSLAGE, 1981: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Fettsäurenproduktion im Pansen von der Rationszusammensetzung. *Arch. Tierernährg.* 31, 685-696.
- LE LIBOUX, S. und J.L. PEYRAUD, 1998: Effect of forage particle size and intake level on fermentation patterns and sites and extent of digestion in dairy cows fed mixed diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 73, 131-150.
- LESSARD, J.R. und L.J. FISHER, 1980: Alfalfa fed as formic-acid treated silage, dehydrated pellets or hay in mixed rations with corn silage for lactating cows. *Can. J. Anim. Sci.* 60, 945-951.
- MENKE, K.H., 1987: Rinderfütterung. In: Menke K.H. und W. Huss. *Tierernährung und Futtermittelkunde*. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 424 S.
- MERTENS, D.R., 1997: Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463-1481.
- MILNE, J. A. und R. C. CAMPLING, 1972: Intake and digestibility by sheep of artificially dried forages in several physical forms. *J. Agric. Sci.* 78, 79-86.
- MOONEY, C. S. und M.S. ALLEN, 1997: Physical effectiveness of the neutral detergent fiber of whole linted cottonseed relative to that of alfalfa silage at two lengths of cut. *J. Dairy Sci.* 80, 2052-2061.
- MOULD, F.L., E.R. ØRSKOV und S.O. MANN, 1984: Associative effects of mixed feeds. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10, 15-30.
- MURDOCH, J.C., 1965: The effect of length of silage on its voluntary intake by cattle. *J. Br. Grassld. Soc.* 20, 55-58.
- MURDOCH, F.R. und A.S. HODGSON, 1977: Cubed complete rations for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 60, 1921-1931.
- NRC (National Research Council), 2001: Nutrient requirements of dairy cattle. 7<sup>th</sup> Edition. National Academy Press, Washington D.C., 381 S.
- ØRSKOV, E.R., 1986: Starch digestion and utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.* 63, 1624-1633.
- PIATKOWSKY, B., H. GÜRTLER und J. VOIGT, 1990: Grundzüge der Wiederkäuerernährung. Gustav-Fischer-Verlag Jena-Stuttgart, 236 S.
- PÖLLINGER, A., E. ZENTNER und M. GREIMEL, 2002: Vergleich von Verfahrenskennwerten unterschiedlicher Silierketten. 8. Alpenländisches Expertenforum, 9. - 10. April 2002. Bericht BAL Gumpenstein, 39-45.
- PÖTSCH, E.M. und R. RESCH, 2002: Einfluss von Futteraufbereitung und Schnittlänge auf Gär- und Siliereigenschaften von Grünlandfutter. Wintertagung für Grünland und Viehwirtschaft, 14. - 15. Februar 2002. Bericht BAL Gumpenstein, 25-29.
- POORE, M.H., J.A. MOORE, R.S. SWINGLE, P. ECK und W.H. BROWN, 1993: Response of lactating Holstein cows to diets varying in fiber source and ruminal starch degradability. *J. Dairy Sci.* 76, 2235-2243.
- RODE, L.M., D.C. WEAKLEY und L.D. SATTER, 1985: Effect of forage amount and particle size in diets of lactating dairy cows on site of digestion and microbial protein synthesis. *Can. J. Anim. Sci.* 65, 101-111.
- ROHR, K., H. HONIG und R. DAENICKE, 1983: Zur Bedeutung des Zerkleinerungsgrades von Silomais. 2. Mitteilung: Einfluss des Zerkleinerungsgrades auf die Wiederkauaktivität, Pansenfermentation und Verdaulichkeit der Rohnährstoffe. *Wirtschaftseig. Futter* 29, 2, 73-86.
- SANTINI, F.J., A.R. HARDIE, M.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.
- SAS/STAT™, 1987: Language Guide for Personal Computers. Version 6<sup>th</sup> Edition. SAS Inst. Inc. Cary, NY, USA.
- SAUVANT, D.F. MESCHY und D. MERTENS, 1999: Les composantes de l'acidose ruminale et les effets acidogènes des rations. *INRA Prod. Anim.* 12, 49-60.
- SCHWARZ, F.J., W. PREISSINGER und M. KIRCHGESSNER, 1997: Zum Einfluss der Häcksellänge auf die Verdaulichkeit und den Energiegehalt von Grassilage bei Schaf und Rind. *Wirtschaftseig. Futter* 43, 49-64.
- SHAVER, R.D., A.J. NYTES, L.D. SATTER und N.A. JORGENSEN, 1986: Influence of amount of feed intake and forage physical form on digestion and passage of prebloom alfalfa hay in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69, 1545-559.
- STEWART, C.S., 1977: Factors affecting the cellulolytic activity of rumen contents. *Appl. Environ. Microbiol.* 33, 497-508.
- STOKES, S.R., A.L. GOETSCH und K.L. LANDIS, 1987: Feed intake and digestion by beef steers consuming and receiving ruminal insertions of prairie hay differing in level and particle size. *J. Anim. Sci.* 66, 1267-1274.
- SUSMEL, P., M. SPANGHERO, B. STEFANON, C.R. MILLS und C. CARGNELUTTI, 1991: Effect of NDF concentration and physical form of fescue hay on rumen degradability, intake and rumen turn-over of cows. *Anim. Prod.* 53, 305-313.
- SUTTON, J.D., 1979: Rumen function and the utilisation readily fermentable carbohydrates by dairy cows. *Trop. Anim. Prod.* 4, 1-12.
- TERRY, R.A., J.M.A. TILLEY und G. E. OUTEN, 1969: Effect on pH on cellulose digestion under in vitro conditions. *J. Sci. Food Agric.* 20, 317-322.
- UDÉN, P., 1988: The effect of grinding and pelleting hay on digestibility, fermentation rate, digesta passage and rumen and faecal particle size in cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 19, 145-157.
- VAN SOEST, P.J., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. 2<sup>nd</sup> ed. Cornell University Press, 476 S.
- VOIGT, J., B. PIATKOWSKI und R. KRAWIELITZKI, 1978: Die Wirkung der Reihenfolge von Grobfutter und Konzentraten in der Fütterung auf die Kohlenhydratverdauung und bakterielle Proteinsynthese im Pansen der Milchkühe. *Arch. Tierernährung*, 28, 67-76.
- WEISSBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. *Übers. Tierern.* 23, 189-214.
- WOODFORD, J.A., N.A. JORGENSEN und G.P. BARRINGTON, 1986: Impact of dietary fiber and physical form on performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69, 1035-1047.
- WOODFORD, S.T. und M.R. MURPHY, 1988: Effect of forage physical form on chewing activity, dry matter intake and rumen function of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 71, 674-686.
- YANG, R.C., A. KOZAK und J.H.G. SMITH, 1978: The potential of weibull-type functions as flexible growth curves. *Can. J. For. Res.* 8, 424-431.
- YANG, W.Z., K.A. BEAUCHEMIN und L.M. RODE, 2001: Effects of grain processing, forage to concentrate ratio and forage particle size on rumen pH and digestion by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2203-2216.