

**Aus der Klinik für Klauentiere  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin**

**Der Einfluss der Häcksellänge von Maissilage  
auf den Säuren-Basen-Haushalt von Milchkühen**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der  
Freien Universität Berlin**

**vorgelegt von  
Susan Bandilla  
Tierärztin aus Wiesbaden**

**Berlin 2009**

**Journal-Nr.: 3313**

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Leo Brunnberg  
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel  
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Klaus Männer  
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Helmut Hartmann

*Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):*

cattle, dairy cows, cattle feeding, maize, maize silage, chopping, acid base equilibrium, rumen fluid, blood chemistry

Tag der Promotion: 13.11.2009

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-86664-756-5

**Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2009**

Dissertation, Freie Universität Berlin

**D 188**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© mensch und buch verlag 2009

choriner str. 85 - 10119 berlin

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

# Inhalt

## Verwendete Abkürzungen

1. Einleitung .....	- 1 -
2. Literaturübersicht .....	- 2 -
2.1 Strukturversorgung der Milchkuh .....	- 2 -
2.1.1 Rohfaser .....	- 2 -
2.1.2. Rohfaserbedarf und Strukturwirksamkeit .....	- 5 -
2.1.3 Strukturbewertungssysteme von Rationen .....	- 7 -
2.1.3.1. Strukturwirksame Rohfaser .....	- 8 -
2.1.3.2 eNDF und peNDF .....	- 10 -
2.1.3.3 Strukturwert (SW) .....	- 14 -
2.2 Diagnostische Mittel zur Erkennung eine Strukturdefizits am Tier.....	- 16 -
2.2.1 Pansenazidose.....	- 16 -
2.2.2 Milchfettgehalt .....	- 19 -
2.2.3 Kau- und Wiederkauaktivität .....	- 20 -
2.2.4 Pansenparameter.....	- 22 -
2.2.5 Netto-Säure-Basen-Ausscheidung .....	- 24 -
2.3 Einfluss der Häcksellänge auf die Strukturwirksamkeit von Rationen.....	- 26 -
2.3.1 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe .....	- 26 -
2.3.2 Kauaktivität und Wiederkauaktivität .....	- 27 -
2.3.3 Pansenparameter.....	- 28 -
3. Material und Methoden .....	- 30 -
3.1 Versuchstiere und Haltung .....	- 30 -
3.2 Fütterung .....	- 31 -
3.3 Probenentnahme .....	- 34 -
3.4 Probenanalyse.....	- 35 -
3.4.1 Blutuntersuchungen.....	- 35 -
3.4.2 Harnuntersuchungen.....	- 36 -
3.4.2.1 Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA) .....	- 36 -
3.4.2.2 Elektrolytbestimmungen .....	- 37 -
3.4.3 Pansensaftuntersuchung .....	- 38 -
3.5 Statistische Auswertung .....	- 39 -

4. Ergebnisse .....	- 40 -
4.1 Futteraufnahme.....	- 40 -
4.2 Lebendgewicht und Rückenfettdicke .....	- 41 -
4.3 Milchleistung und Milchinhaltstoffe .....	- 43 -
4.4 Wiederkauverhalten .....	- 48 -
4.5 Harnanalytik .....	- 49 -
4.5.1 Harn-pH-Wert .....	- 49 -
4.5.2 Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung .....	- 50 -
4.5.3 Basengehalt .....	- 51 -
4.5.4 Säuregehalt .....	- 52 -
4.5.5 Ammoniumkonzentration.....	- 54 -
4.5.6 Basen-Säuren-Quotient .....	- 55 -
4.5.7 Elektrolyte .....	- 56 -
4.6 Blutanalytik .....	- 61 -
4.6.1 Elektrolyte .....	- 61 -
4.6.2 Aspartat-Amino-Transferase (ASAT).....	- 63 -
4.6.3 Creatinin-Kinase (CK), Cholesterin, Insulin.....	- 65 -
4.6.4 Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) .....	- 67 -
4.6.5 $\beta$ -Hydroxybutyrat (BHB) .....	- 68 -
4.6.6 Freie Fettsäuren (NEFA).....	- 69 -
4.6.7 Harnstoffkonzentration.....	- 71 -
4.6.8 Billirubinkonzentration .....	- 72 -
4.7 Pansensaftanalytik .....	- 73 -
4.7.1 Essigsäurekonzentration.....	- 73 -
4.7.2 Propionsäurekonzentration.....	- 75 -
4.7.3 Acetat-Propionat-Quotient .....	- 77 -
4.7.4 pH-Wert.....	- 78 -
4.7.5 Gesamtfettsäurenkonzentration und Buttersäurekonzentration .....	- 80 -
4.8. Auswertung der Erkrankungen.....	- 83 -

5. Diskussion .....	- 85 -
5.1 Futteraufnahme.....	- 85 -
5.2 Lebendgewicht und Rückenfettdicke .....	- 86 -
5.3 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe .....	- 87 -
5.4 Wiederkauverhalten .....	- 89 -
5.5. Harnparameter .....	- 90 -
5.5.1 pH-Wert.....	- 90 -
5.5.2 Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung .....	- 91 -
5.5.3 Ammoniumkonzentration.....	- 92 -
5.5.4 Elektrolyte .....	- 92 -
5.6 Blutparameter .....	- 93 -
5.7 Pansenparameter.....	- 95 -
5.7.1 pH-Wert und Gesamtfettsäurenkonzentration.....	- 97 -
5.7.2 Fettsäurenmuster .....	- 98 -
5.8 Häufigkeit von Erkrankungen .....	- 100 -
5.9 Mikrobielle Pansenfunktionsstörung statt Pansenazidose?.....	- 101 -
6. Schlussfolgerungen .....	- 103 -
7. Zusammenfassung .....	- 105 -
8. Summary .....	- 106 -
9. Literaturverzeichnis.....	- 107 -
10. Danksagung.....	- 125 -
12. Selbständigkeitserklärung .....	- 126 -

## Verwendete Abkürzungen

Abb.	Abbildung
ADF	acid detergent fiber
ADL	acid detergent lignin
ASAT	Aspartat-Amino-Transferase
BHB	β-Hydroxybutyrat
BSQ	Basen-Säuren-Quotient
bXS	beständige Stärke
bzw	beziehungsweise
° C	Grad Celsius
Ca	Calcium
CH <sub>4</sub>	Methan
CK	Creatin-Kinase
Cl	Chlor
cm	Zentimeter
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
ECM	energiekorrigierte Milch
ef	Effektivitätsfaktor
eNDF	effektive NDF
FCM	fat corrected milk
g	Gramm
GLDH	Glutamat-Dehydrogenase
K	Kalium
kg	Kilogramm
LM	Lebendmasse
m	Meter
Mg	Magnesium
mm	Millimeter
mmol/l	Millimol pro Liter
Na	Natrium
NDF	neutral detergent fiber
NEFA	non esterified fatty acids

NEL	Netto-Energie-Laktation
nm	Nanometer
NSBA	Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung
nXP	nutzbares Rohprotein
P	Phosphor
pef	physikalischer Effektivitätsfaktor
peNDF	physikalisch effective NDF
ppm	parts per million
RFD	Rückenfettdicke
SCFA	Gesamtfettsäurekonzentration
SFU	skandinavische Futtereinheit
SW	Strukturwert
Tab.	Tabelle
TM	Trockenmasse
TMR	Totale Mischration
U/l	Units pro Liter
XF	Rohfaser
XS	Stärke
vs	versus
µm	Mikrometer





## 1. Einleitung

In den letzten Jahren ist die Milchleistung der Kühe weltweit um circa 2% pro Jahr gestiegen (Eastridge, 2006). Das führt zu einem höheren Energiebedarf der Milchkuh. Um diesen höheren Energiebedarf zu decken, muss die Futteraufnahme bzw. die Energieaufnahme der Kuh gesteigert werden. Da die Futtermenge, die eine Milchkuh aufnehmen kann, begrenzt ist, müssen den Kühen Rationen mit einer größeren Energiedichte vorgelegt werden. Durch die Besonderheiten der Verdauung der Wiederkäuer und das sehr empfindliche Pansenmilieu ist die Energiezufuhr über Kraftfutter limitiert. Daher muss die fehlende Energie über das Grundfutter substituiert werden, ohne dabei die Hauptaufgabe des Grundfutters, die Versorgung der Kuh mit strukturierter Rohfaser, zu verdrängen.

Aus Sicht der Energieversorgung werden daher vornehmlich Silagen, besonders die Maissilage, als Grundfutterkomponente gefüttert. Die Maissilage ist eine kohlenhydratreiche und somit sehr energiereiche Silage (Kirchgessner, 2004). Der Nachteil der meisten Silagen ist, dass sie, um leichter eine gute Qualität der Silage zu erreichen, kurz gehäckselt werden und somit nicht genügend strukturierte Rohfaser aufweisen.

Die Versorgung der Milchkuh mit ausreichend strukturierter Rohfaser ist so wichtig, weil durch deren Anteil und durch den Anteil an leichtfermentierbaren Kohlenhydraten wie Stärke und Zucker der Verlauf der Fermentation im Pansen bestimmt wird. Wenn nicht genügend strukturierte Rohfaser vorhanden ist, kommt es zum Rückgang der Wiederkauzeit und damit zu einem reduzierten Speichelfluss und zu einer beschleunigten Pansenfermentation mit erhöhtem Anfall an flüchtigen Fettsäuren im Pansen, der Pansenazidose. Die Pansenazidose gilt als Risikofaktor für Labmagenverlagerungen, Fruchtbarkeitsstörungen, Klauenerkrankungen und andere Gesundheitsstörungen, die zu vermehrten Abgängen führen können

Aufgabe dieser Arbeit ist es herauszustellen, in wieweit die Häcksellänge von Maissilage deren Strukturwirksamkeit beeinflusst und welchen Einfluss ein Strukturmangel auf die Pansenfermentation und somit auf die Gesundheit des Tieres hat.

# 2. Literaturübersicht

## 2.1 Strukturversorgung der Milchkuh

### 2.1.1 Rohfaser

MERTENS (1986) beschreibt die in pflanzlichen Fasern, Zellwänden und anderen Bauelementen enthaltenen Gerüstsubstanzen als unverdauliche, langsam verdauliche oder unvollständig zur Verfügung stehende Fraktion eines Futtermittels, die Platz im Verdauungstrakt einnimmt. Die Rohfaser ist der Gehalt an säure- und alkaliunlöslichen, fettfreien, organischen Bestandteilen eines Futtermittels (DLG-INFORMATION, 2001), die neben Trockensubstanzgehalt, Rohasche, Rohprotein, Rohfett und stickstofffreie Extraktstoffe routinemäßig in der Weender Futtermittelanalyse bestimmt wird. Roh bedeutet, dass es sich nicht um die reine Form der Komponenten handelt. Trockensubstanz enthält alle Bestandteile, die unter Trocknungsbedingungen (103-105° C) nicht flüchtig sind. Sie enthält organische wie anorganische Bestandteile. Trockensubstanz ohne Rohasche, welche den anorganischen Anteil darstellt, ergibt die organische Masse, welche die Hauptnährstoffe Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette enthält.

Der Rohproteingehalt wird aus dem Stickstoffgehalt einer Probe nach dem Kjeldahl-Verfahren bestimmt. Er enthält neben dem Stickstoff der eigentlichen Eiweiße, auch Stickstoff aus Nichtprotein-N-Verbindungen, unter anderem freie Aminosäuren, Säureamide und N-haltigen Glucoside. Das Rohfett sind alle Inhaltsstoffe, die mit Fettlösungsmitteln extrahierbar sind. Die Rohfaser ist die Fraktion der Trockensubstanz, die in schwacher Säure und schwacher Lauge unlöslich ist. Sie enthält hauptsächlich Polysaccharide, die pflanzlichen Gerüstbaustoffen zuzuordnen sind, wie Cellulose, Lignin, Suberin und Cutin. Die stickstofffreien Extraktstoffe werden rechnerisch ermittelt und beinhalten hauptsächlich leicht fermentierbare Kohlenhydrate, wie Zucker und Stärke, aber auch leichtlösliche Anteile der pflanzlichen Gerüstsubstanzen.

Diese Analysemethode ist die gängige Methode in der Futtermittelanalyse und liefert bei Einhaltung der Vorschriften gut reproduzierbare Ergebnisse. Sie weist aber auch einige Mängel auf. So sind die erfassten Stoffgruppen in ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer ernährungsphysiologischen Bedeutung für die Tiere nicht einheitlich. Sie gibt weiterhin keine Information über besondere Nährstoffe, wie Aminosäuren oder Zucker.

## 2.1 Strukturversorgung der Milchkuh

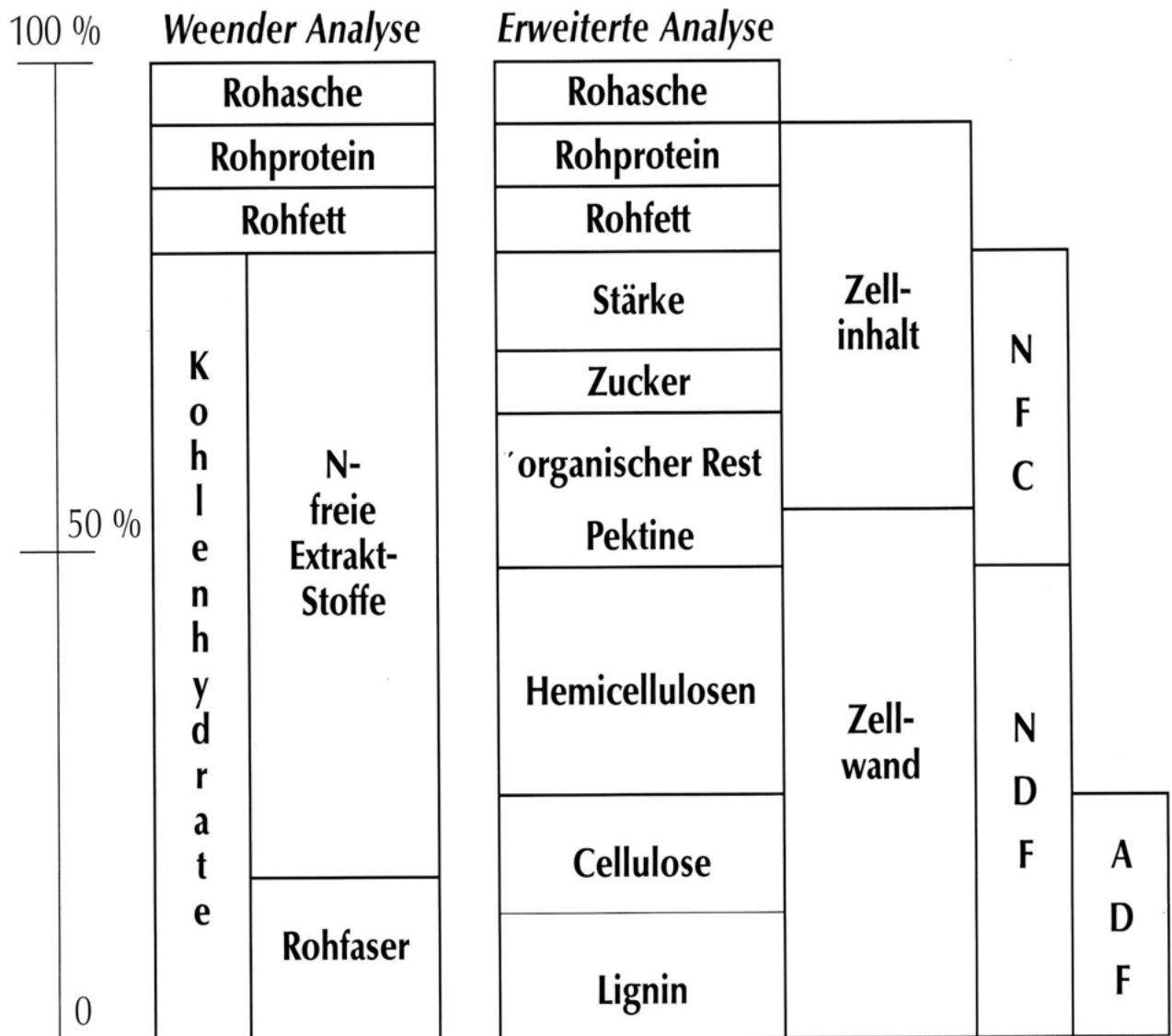
Die größte Fehlerquelle ist die Untergliederung der Kohlenhydrate in Rohfaser und stickstofffreie Extraktstoffe. Dadurch erscheint nur ein Teil der Gerüstsubstanzen (Lignin und ein Teil der Cellulose) in der Rohfaserfraktion, während der lösliche Anteil bei den stickstofffreien Extraktstoffen erscheint. Es kommt zu Fehleinschätzungen der Nährstoffverwertbarkeit, da diese Anteile nur bakteriell und insgesamt schwerer verdaulich sind als Stärke.

Aus diesem Grund wurde die Kohlenhydratanalytik nach der Detergenzienmethode entwickelt (van SOEST, 1967). Man erhält die Summe aller Gerüstsubstanzen als Rückstand nach dem Kochen des Futtermittels in neutraler Detergenzienlösung. Diese Fraktion wird als NDF bezeichnet (neutral-detergent-fiber). Nach Kochen des gleichen Futtermittels in schwefelsaurer Detergenzienlösung erhält man die ADF (acid-detergent-fiber). Bei weiterer Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure wird auch Cellulose hydrolisiert und es bleibt noch das Rohlignin (acid-detergent-lignin ADL). Durch diese Komponenten können Hemicellulose (= NDF-ADF) und Cellulose (=ADF-ADL) bestimmt werden. Auch hier werden Stoffgruppen und keine chemisch definierten Substanzen erfasst.

Zu den Kohlenhydraten zählen auch die NFC (non-fiber-carbohydrates), die sich aus den Zellinhaltsstoffen (Stärke, Zucker und einem Teil der Pektine) zusammensetzen.

Durch eine Kombination der Weender Analyse, der Detergenzienmethode und der Analyse spezieller Nährstoffe, wie Zucker, Stärke und Pentosanen, ist es möglich die Zellwandsubstanzen und die Zellinhaltsstoffe in die wesentlichen ernährungsphysiologisch bedeutsamen Bestandteile aufzuteilen (JEROCH et al., 1999).

## 2.1 Strukturversorgung der Milchkuh



NDF = Neutral-Detergenzien-Faser

ADF = Säure-Detergenzien-Faser

NFC = Nichtfaser-Kohlenhydrate = Trockenmasse – (Rohasche + Rohprotein + Rohfett + NDF)

N-freie Extraktstoffe = Trockenmasse – (Rohasche + Rohprotein + Rohfett + Rohfaser)

Abb. 1: Chemische Zusammensetzung einer Pflanze (DLG-INFORMATION, 2001)

### 2.1.2. Rohfaserbedarf und Strukturwirksamkeit

Aus der herkömmlichen Fütterungsberatung werden folgende Richtlinien übernommen: In der Trockenmasse sollen mindestens 18% Rohfaser sein, wovon zwei Drittel der Rohfaser strukturiert sein sollen. Das heißt circa 40-45% der gesamten Trockenmasse sollten aus der Halmfutter-Trockenmasse (RF in Grünfutter, Grassilage, Heu, Mais, Ganzpflanzensilage) bestehen (JEROCH et al., 1999). Im Grundfutter sollten mindestens 15% der Partikel eine tatsächliche Partikelgröße von größer als 20 mm aufweisen, um eine stabile Faserschicht zu gewährleisten (STEINWIDDER, 2005).

Die Versorgung mit ausreichend physikalischer Struktur und somit einer wiederkäuergerechten Fütterung muss sichergestellt werden, um die Homöostase im Pansen stabil zu halten. Im Pansen wird die Rohfaser durch mikrobielle Enzyme abgebaut, um die darin enthaltenen Nährstoffe dem Rind zur weiteren Verdauung zur Verfügung zu stellen. Der Pansen ist für 80% der duodenalen Proteinanflutung verantwortlich und 80% der Energiezufuhr werden durch die Bildung von freien Fettsäuren und durch die bakteriologische Biomasse abgedeckt. Um diese Funktionen des Pansens zu gewährleisten, muss das Futter eine gewisse physikalische Struktur aufweisen. Diese stimuliert die Kauaktivität und die Wiederkauaktivität und führt somit zu einer hohen Speichelproduktion. Der Speichel dient als Puffer im Pansen, um einen stabilen und optimalen pH-Wert für die cellulolytischen Pansenmikroben zu erhalten. Die strukturierte Rohfaser muss genügend Material (Mindestpartikellänge von 20 mm) zur Bildung einer stabilen Faserschicht liefern. Eine stabile Faserschicht ist unverzichtbar für den Abbau der Rohfaser und die Stimulierung der Pansenkontraktionen. Durch diese kommt es zur Durchmischung des Panseninhaltes und dabei zur Gasabsonderung und die freigesetzten Nährstoffe können den tiefer gelegenen Verdauungsabschnitten zugeführt werden (Steinwiddler, 2005).

## 2.1 Strukturversorgung der Milchkuh

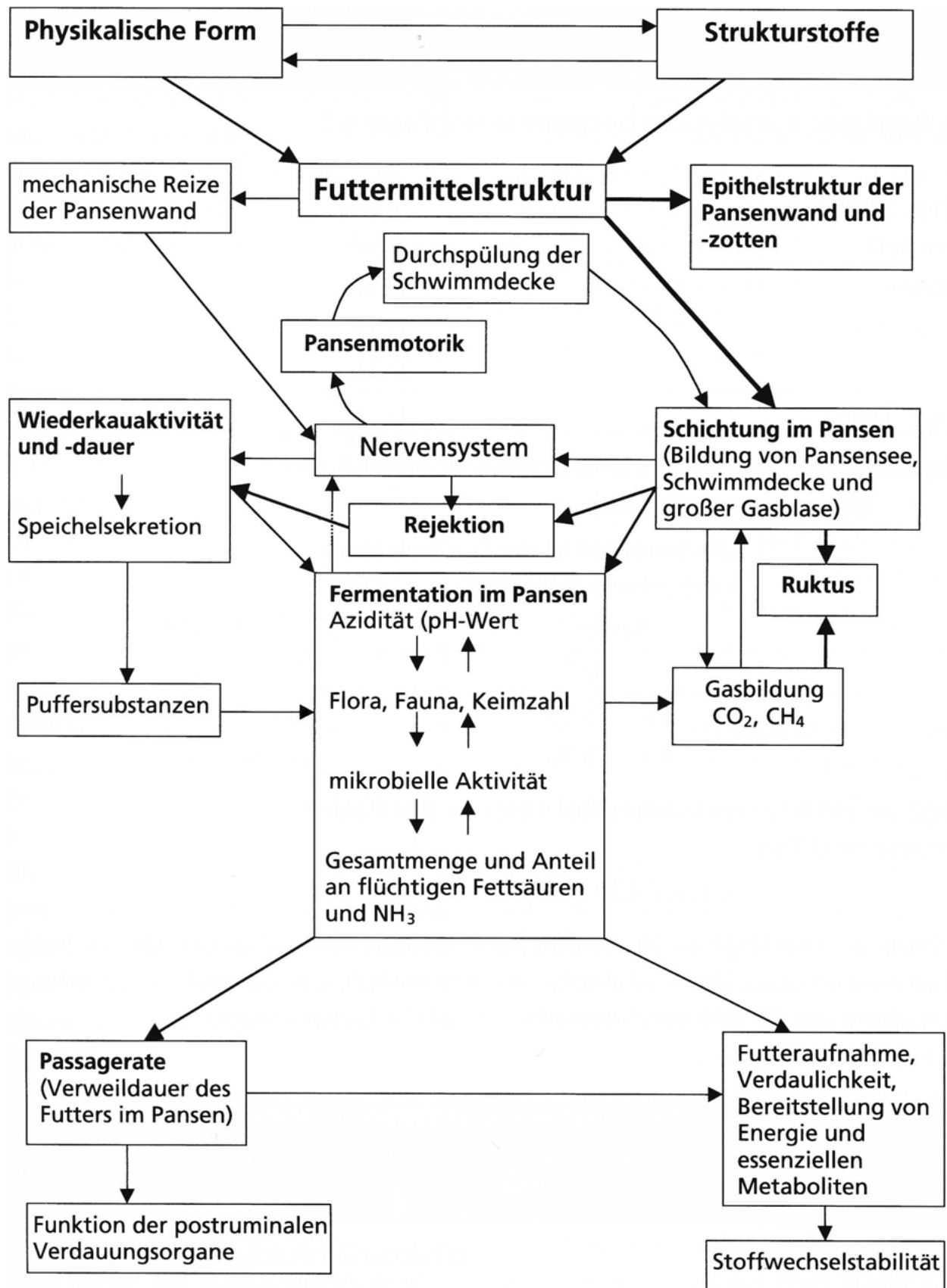


Abb. 2: Einfluss der Futtermittelstruktur auf gesundheitsrelevante Faktoren

(ULBRICH et al., 2004)

### 2.1.3 Strukturbewertungssysteme von Rationen

Die Struktureigenschaften eines Futtermittels sind objektiv schwer zu beurteilen (JEROCH et al., 1999). Zur Bewertung der Strukturversorgung wird eine Vielzahl von Parametern herangezogen. Es wird unterschieden zwischen chemischen (Rohfaser, NDF), physikalischen (Partikelgröße und -konsistenz) und chemisch-physikalischen Parametern (strukturierte Rohfaser, eNDF, peNDF, Strukturwert). Diese chemisch-physikalischen Bewertungssysteme stellen Kompromisse dar und die Strukturversorgung bzw. die Wiederkäuergerechtigkeit kann nicht in jedem Fall vollständig abgeschätzt werden (STEINWIDDER, 2004).

SUDWEEKS et al. (1981) und SANTINI et al. (1983) fanden heraus, dass die Kauzeit die Strukturwirksamkeit einer Ration gut widerspiegelt, da die Partikellänge die Kauzeit, die Kauzeit den Speichelfluss und dieser das Pansenmilieu beeinflusst. Daher koppelten sie im roughage value index (SUDWEEKS et al., 1981) und im alternative roughage index (SANTINI et al., 1983) die Futteraufnahme mit der Partikelgröße und dem NDF-Gehalt. NORGAARD (1985) stellte ebenfalls fest, dass die Kauaktivität ein gutes Maß für die Strukturbewertung darstellt. Er entwickelte den Kauindex (chewing index value), der die Strukturwirksamkeit über die Kauaktivität in min pro kg Trockenmasse beschreibt.

ERDMANN (1988) entdeckte, dass der Speichel die wichtigste Quelle der Pufferung des Pansens ist. Der Speichelfluss ist wiederum abhängig von der Partikellänge. ERDMANN (1988) beurteilte die Strukturwirksamkeit einer Ration über deren Pansenpufferkapazität (Speichelfluss).

Diese Systeme konnten sich nicht durchsetzen, da die Kauaktivität nicht nur von der Strukturwirksamkeit des Futtermittels abhängt, sondern auch von den äußeren Gegebenheiten, in der sich das Tier befindet.

Die drei Systeme, die in der aktuellen Fütterungsberatung genutzt werden, sind die strukturwirksame Rohfaser nach PIATKOWSKI (1990) u. HOFFMANN (1990), das eNDF und peNDF System aus den USA und Kanada (ALLEN 1995, MERTENS, 1997) und der Strukturwert nach DE BRABANDER et al. (1999).

## 2.1 Strukturversorgung der Milchkuh

### 2.1.3.1. Strukturwirksame Rohfaser

Die Futtermittelstruktur ist die Summe von Eigenschaften eines Futtermittels, die durch die physikalische Form und den Gehalt an Gerüstsubstanzen des Futtermittels bestimmt wird (HOFFMANN, 1990).

Der Gehalt an Gerüstsubstanzen wird hauptsächlich durch den Gehalt an Cellulose und Lignin bestimmt. Um diese Stoffe in der Futtermittelanalyse zu erfassen, wurde die Rohfaserbestimmung im Weender Verfahren entwickelt. Durch die erweiterte Analyse können die Gehalte an säure- und alkaliunlöslichen fettfreien organischen Bestandteilen, zu ihnen gehört auch die Hemicellulose und die Pektine, im Futtermittel als Rohfaser bestimmt werden (DLG-Information, 2001).

Die physikalische Form wird durch die Partikelgröße (Teilchengrößenverteilung), die geometrische Form und die Schüttdichte bestimmt, wobei die wichtigste Kennzahl die Partikelgröße darstellt. Sie ist schlecht zu bestimmen und für die Praxis bleibt nur die schlecht reproduzierbare fraktionierte Siebung der Komponenten oder der Mischration. Um einheitlichere Werte zu erlangen, sollte darauf geachtet werden, dass eine Probe von 1,5 kg Frischmasse genommen und dann luftgetrocknet wird. Es sollten mindestens 250 g gesiebt werden und die Siebung sollte zweimal wiederholt werden (HOFFMANN, 1990).

Die Wechselwirkungen zwischen dem Rohfasergehalt und der physikalischen Form und die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Parametern der physikalischen Form lassen keine Charakterisierung der Strukturwirksamkeit durch eine einzelne Kennzahl zu. Die ausreichende Strukturversorgung stellt allerdings die wichtigste Kennzahl in der Wiederkäuerfütterung dar, da sie die Voraussetzung für die Gültigkeit der Energie- und Nährstoffbedarfszahlen ist.

In der Praxis sind die wesentlichen Faktoren für die Strukturwirksamkeit der Rohfasergehalt und die Partikelgröße. Eine Ration besitzt eine ausreichende Strukturwirksamkeit, wenn sie ausreichend Rohfaser (18% Rohfaser, davon 2/3 aus Halmfutter), einen bestimmten Gehalt an Lignin und einen bestimmten Anteil von ausreichend großen Partikeln (> 8 mm) enthält (HOFFMANN, 1990).



Tab. 1: Strukturwirksamkeit = Partikelgröße &gt; 8 mm (Rinder) (ULBRICH et al, 2004)

Siebgröße	Mindestanteil in der Gesamtration (lufttrockene Substanz)
>19 mm	5–10%
8–19 mm	35-45%
<8 mm	45–55%

PIATKOWSKI (1987) legt den Bedarf von strukturwirksamer Rohfaser auf mindestens 400 g/100 kg LM/ Tag fest.

Der Gehalt an strukturwirksamer Rohfaser wird durch die Multiplikation des analysierten Rohfasergehaltes mit dem Faktor f errechnet. Dieser Faktor drückt die physikalische Form aus und wurde aus Untersuchungen zum Futterraufnahme- und Wiederkauverhalten, zur Wiederkauaktivität und Speichelbildung sowie zur Pansenfermentation und verschiedener Stoffwechselprozesse abgeleitet (HOFFMANN, 2003).

Tab. 2: Strukturwirksamkeit der Futtermittel (HOFFMANN, 1990)

Futtermittel	Faktor der Strukturwirksamkeit f
Stroh	
- lang, gehäckselt	1,50
- pelletiert (8 mm)	0,50
Heu	1,00
Trockengrünfutter	
- gehäckselt	0,75
- pelletiert	0,25
Maissilage	1,00
Welksilage	1,00
Rübenblattsilage	0,50
Konzentrate	
- Getreide	0,00
- Trockenschnitzel	0,00
Grünfutter	
- lang	1,00
- gehäckselt	0,75

Die Bewertung einer Ration auf Basis der strukturwirksamen Rohfaser orientiert sich allein an der Struktur der Rohfaser, da HOFFMANN u. PIATKOWSKI (1990) dem Kraftfutter keinerlei Strukturwirksamkeit zuordnen. Aufgrund dieser Bewertung ergibt sich das Problem, dass die Rohfaser nicht alle strukturwirksamen Bestandteile des Futtermittels widerspiegelt (MERTENS, 2002). Weiterhin sollte die Methodik zur Bestimmung der Partikelgröße

## 2.1 Strukturversorgung der Milchkuh

standardisiert werden. Trotz dieser Mängel ist die strukturwirksame Rohfaser zur Orientierung in der Rationsplanung anwendbar (DLG-INFORMATION, 2001).

Tab. 3: Mindestgehalt an strukturwirksamer Rohfaser in Rationen für Milchkuhe (650 kg LM) (ULBRICH et al., 2004)

kg Trockenmasseaufnahme je Tier u. Tag	strukturwirksame Rohfaser (g/kg TM der Ration)
10	260
15	173
20	130
25	104
30	87

### 2.1.3.2 eNDF und peNDF

Die Neutrale-Detergentien-Faser (NDF) ist eine chemische Größe eines Futtermittels, berücksichtigt aber nicht die physikalischen Eigenschaften, wie z.B. die Partikelgröße, die die Effektivität der NDF beeinflussen.

Auf diesem Hintergrund wurde die effektive NDF (eNDF) entwickelt. MERTENS (1997) definiert die eNDF als die chemisch analysierte NDF multipliziert mit einem Effektivitätsfaktor (ef), der die Fähigkeit eines Grundfutters, einen konstanten Milchfettgehalt zu erhalten, ausdrückt. Die Effektivität eines bestimmten Futtermittels wurde bezogen auf einen Standard z.B. Heu (GLEAVES et al., 1973, MILLIGAN et al., 1981) oder Luzernesilage (CLARK u. ARMENTANO, 1993, SWAIN u. ARMENTANO, 1994). Der Effektivitätsfaktor kann Werte von  $< 0$ , für Futtermittel, die den Milchfettgehalt reduzieren, Werte von 0-1, für Futtermittel, die die Milchfettgehalt halten und Werte von  $> 1$ , für Futtermittel, deren Fähigkeit den Milchfettgehalt zu halten größer ist als die Fähigkeit das Kauen zu stimulieren, annehmen. Das ef Werte  $> 1$  annehmen kann spricht dafür, dass es auch andere Bestandteile des Futters gibt, die den Milchfettgehalt beeinflussen (Abb.3). Dies macht wiederum die Beurteilung der Strukturwirksamkeit eines Futtermittels oder einer Ration mit Hilfe der eNDF schwierig.

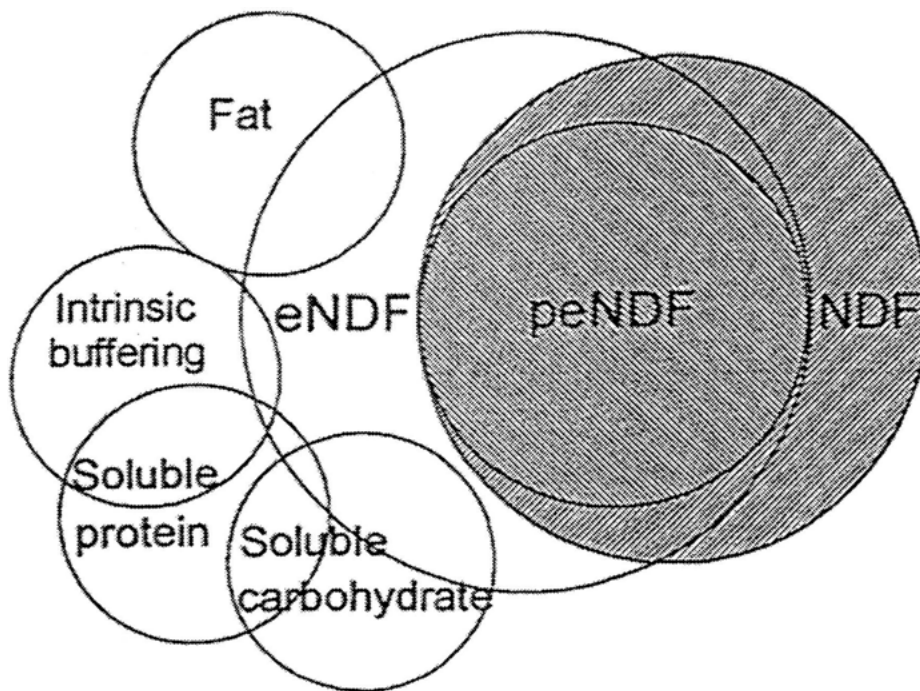


Abb. 3: Die Beziehung zwischen NDF, peNDF und eNDF (MERTENS, 2002)

MERTENS (1997) entwickelte daraufhin die physikalisch effektive NDF (peNDF). Der physikalische Effektivitätsfaktor (pef) drückt die Fähigkeit eines Grundfuttermittels aus, die Kauaktivität zu fördern und damit die Pansenfermentation positiv zu beeinflussen aus. peNDF bezieht sich nur auf die physikalischen Eigenschaften (z.B. Partikelgröße), die die Kauaktivität stimulieren. Der pef kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen und basiert auf dem Vergleich zwischen den einzelnen Futtermitteln und einem Standard.

Es gibt zwei Möglichkeiten den pef eines Futtermittels zu bestimmen. Da es sich bei peNDF um einen ernährungsphysiologischen Begriff handelt, kann sie eigentlich nur durch Fütterungsversuche und der Auswertung der darin erhobenen Kennzahlen am Tier gemessen werden. MERTENS (1986) stellte die Beziehung der Kauaktivität pro Trockenmasse und dem NDF-Gehalt eines Futtermittels dar. Er fand heraus, dass sich eine Zerkleinerung der Partikelgröße negativ auf die Kauaktivität auswirkt. MERTENS (1997) legte einen Standard (langes Heu) fest und verglich die Daten über die Kauaktivität verschiedener Futtermittel aus mehreren Studien mit der Kauaktivität des Standards. Dafür wurden alle Futtermittel nach ihrer physikalischen Form in Klassen unterteilt. So konnte für jedes Futtermittel ein zum Standard relativer pef ermittelt werden.

## 2.1 Strukturversorgung der Milchkuh

Um peNDF für ein Futtermittel zu errechnen, muss die NDF Konzentration des Futtermittels und die physikalische Form bestimmt werden. NDF wird mit dem pef aus der Tabelle 4 multipliziert. Durch dieses System werden Unterschiede im NDF-Gehalt in verschiedenen Chargen eines Futtermittels berücksichtigt (MERTENS, 1997).

Tab. 4: Physikalischer Effektivitätsfaktor (pef) von NDF für verschiedene Futtermittel und Partikelgrößen (MERTENS, 2002)

Partikelgröße	Heu	Grassilage	Maissilage	Luzerneheu	Konzentrate	Abfallprodukte
Lang	1,00			0,95		
- >50 mm	0,95	0,95		0,9		
- 25-50 mm	0,90	0,9				
- 12-25 mm	0,85	0,85	0,9	0,85		
- 6-12 mm			0,85	0,8		
- < 6mm			0,8	0,7		
Gemahlen						
- >6 mm	0,4			0,4		
- <6 mm	0,3			0,3		
Feuchmaissilage					0,8	
Gerstenschrot					0,7	
Zerkleinerungsgrad						
- >12 mm					0,6	
- 6-12 mm					0,4	0,4
- <6 mm				0,3		

Die zweite Möglichkeit ergibt sich aus der Beziehung zwischen der Effektivität und der Partikelgröße. Um einheitliche peNDF Werte zu erhalten, wollte MERTENS (1997) eine Labormethode zur Bestimmung der pef entwickeln. Diese Methode stellt allerdings nur einen Kompromiss dar. MERTENS (1986) stellte fest, dass nur Partikel, die groß genug sind, um im Pansen zu verweilen und ein weiteres Kauen beanspruchen, physikalisch effektiv sind. Aus den Ergebnissen mehrerer Studien (DIXON u. MILLIGAN, 1981, POPPI et al., 1985, CARDOZA, 1985) schloss MERTENS (1997), dass alle Partikel > 1,18 mm physikalisch effektiv sind. Zur Errechnung der peNDF nach diesen Voraussetzungen wird der NDF-Gehalt mit dem Prozentanteil der Ration multipliziert, dessen Partikel > 1,18 mm sind.

Der limitierende Faktor in dieser Art der Berechnung der peNDF ist die Messung der Fraktion der Partikel > 1,18 mm. Es liegt keine standardisierte Siebmethode vor. Die sich ergebenden großen Unterschiede in den einzelnen Fraktionen sind abhängig von z.B. vertikaler oder horizontaler Siebung, der Feuchtigkeit der Probe, der Dauer und Intensität der Siebung und dem Gewicht von Wasser in der Pflanze. Ein weiterer Fehler dieser Methode ist, dass nicht

alle Partikel > 1,18 mm die Kauaktivität im gleichen Maß stimulieren (BUCKMASTER, 2000). KONONOFF u. HEINRICHS (2003) stellten fest, dass die Rationen mit der größten Fraktion von Partikeln > 1,18 mm die geringste Kauaktivität aufwiesen und schlossen daraus, dass es die Fraktion der Partikel > 8 mm ist, die das Kauen fördert. YANG u. BEAUCHEMIN (2005) stellten hingegen fest, dass die Fraktion der Partikel > 1,18 mm eine bessere Auskunft über die Fähigkeit eines Futtermittels zur Stimulation der Kauaktivität gibt. Ihrer Meinung nach spielt auch die Partikelgrößenverteilung eine maßgebliche Rolle. MERTENS (2002) fordert einen Mindestbedarf für Milchkühe von 19-21 % peNDF der Trockenmasse, um die Gesundheit und Produktivität der Tiere zu erhalten. Er stellt, ähnlich wie ALLEN (1997), einen Katalog mit Korrekturen für diesen Mindestbedarf auf (Tab.5)

Tab. 5: Korrekturen des NDF-Bedarfs (MERTENS, 2002)

Höhe des NDF-Gehalts:	für jede Überschreitung des NDF-Gehalts von 45% bei Luzerne und 55% bei Gras um 10% können 0,5% vom NDF-Bedarf abgezogen werden
Abbaubarkeit:	schwer- oder langsamabbaubare Futtermittel in einer Ration senken den Bedarf
Fütterung von Nebenprodukten:	abhängig von Menge und Fermentationsgeschwindigkeit kann der Bedarf um 1-2% gesenkt werden
Pufferfütterung:	je 1% Pufferzusatz kann der Bedarf um 1% gesenkt werden
Anteil an leichtverdaulichen Kohlenhydraten: hoch:	peNDF > 15% der TM
niedrig:	peNDF < 15% der TM

## 2.1 Strukturversorgung der Milchkuh

### 2.1.3.3 Strukturwert (SW)

Der Strukturwert ist eine dimensionslose Relativzahl, dessen Bezugsgröße die Menge der Trockenmasse ist (DLG-INFORMATION, 2001). Als Kriterium zur Beurteilung der Ration wird der Strukturwert je kg Trockenmasse angegeben.

Zur Abschätzung der Strukturwerte werden folgende Formeln empfohlen:

Für Grassilage:  $SW = (0,0125 \times \text{Rohfaser (g/kg TM)}) - 0,2$

Für Maissilage:  $SW = (0,0090 \times \text{Rohfaser (g/kg TM)}) - 0,1$   
bei einer Häcksellänge von 6 mm

Für Getreide-GPS: siehe Maissilage

Für Heu: siehe Grassilage x 1,06

Für Luzernesilage: siehe Grassilage

Für Kraftfutter:  $SW = 0,321 + (0,00098 \times XF) + (0,00025 \times bXS) - (0,00112 \times (XZ + a \times (XS - bXS)))$ ;

$XF =$  Rohfaser (g/kg TM);  $XS =$  Stärke (g/kg TM);  $bXS =$  beständige Stärke (g/kg TM);  $a = 0,9 - (1,3 \times XS\text{-Beständigkeit})$ ;  $XZ =$  Rohzucker (DLG-INFORMATION, 2001)

Die Faktoren in den Gleichungen für die einzelnen Futtermittel wurden über die Auswertungen von Fütterungsversuchen von DE BRABANDER et al. (1999) ermittelt. Sie basieren hauptsächlich auf Untersuchungen zum kritischen Grobfutteranteil und zur Kauaktivität (DE BRABANDER et al., 1999). Die Formel zur Errechnung des Strukturwertes der Kraftfuttermittel berücksichtigt neben der Rohfaser die beständige Stärke sowie die schnell abbaubaren Kohlenhydrate Stärke und Zucker. Dadurch weisen Futtermittel mit einem hohen Anteil an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten durch die schnelle Säurebildung im Pansen einen negativen Strukturwert auf.

DE BRABANDER et al. (1999) stellen Besonderheiten einiger Grobfuttermittel dar. So hat die Häcksellänge von Grasprodukten (Frischgras, Grassilage, Heu) keinen Einfluss auf den Strukturwert, solange sie 20 mm nicht unterschreitet. Bei Maissilage hat die Häcksellänge einen großen Einfluss auf den Strukturwert (Tab. 5).

Die Bewertung der Weide stellt sich schwierig dar, da im Frühjahr und im Herbst unterschiedliche Kauzeiten gemessen wurden. Die Ursache dafür dürften Unterschiede in den Verdaulichkeiten und den physikalischen Eigenschaften sein.

## 2.1 Strukturversorgung der Milchkuh

Der Mindestwert liegt bei  $SW > 1,00$  je kg Trockenmasse.

Dieser Mindestwert wird durch die Milchmengenleistung, die Häcksellänge, den Milchfettgehalt, das Alter der Kühe und die Häufigkeit der Kraftfuttergabe beeinflusst.

Tab. 6: Erforderlicher Mindest-Strukturwert je kg Trockenmasse der Gesamtration  
(DLG-INFORMATION, 2001)

Milchmenge kg/Tag	15	25	35	45
Fettgehalt, % 3,6	0,94	1,04	1,14	1,24
4,0	0,92	1,02	1,12	1,22
4,4	0,90	1,00	1,10	1,20
4,8	0,88	0,98	1,08	1,18

Für die praktische Anwendung, gerade zu Beginn der Laktation, empfiehlt es sich einen Strukturwert von 1,1 bei üblicher Fütterung über Kraftfutterabrufautomaten oder TMR nicht zu unterschreiten und der Kraftfutteranteil sollte nicht über 60 % der Trockenmasse liegen (DLG-INFORMATION, 2001).

Beim Strukturwert ist positiv zu bewerten, dass er eine differenzierte Beurteilung von Saft- und Kraftfutter zulässt und somit auch Rationen mit Saftfuttern und stark unterschiedlichen Kraftfutterkomponenten ausreichend beurteilt werden können. Nachteilig ist, wie schon bei der strukturwirksamen Rohfaser, der Bezug auf die Rohfaser. Weiterhin stellten MEYER et al (2001) trotz rationierter Grobfuttergabe und einem rechnerisch ausreichendem Strukturwert ein Defizit an Grobfutter fest. Nichts desto trotz eignet sich der Strukturwert zur Orientierung der Rationsgestaltung und gilt momentan als das Mittel der Wahl in der deutschen Fütterungsberatung.

## 2.2 Diagnostische Mittel zur Erkennung eines Strukturdefizits am Tier

Tab. 7: Einfluss der verschiedenen Parameter auf den Strukturwert (DE

BRABANDER, 1999)

Parameter	Korrektur
Milchmengenleistung und Milchfettgehalt	+(-) 0,01/ kg Milch mehr (weniger) als 25 kg Milch +(-) 0,005/ g Fett weniger (mehr) als 44 g/kg
Nur Milchmengenleistung	+(-) 0,0012/ kg Milch mehr (weniger) als 25 kg Milch
Häcksellänge	+ (-) 2% des SW bei Häcksellänge > (<) 6mm
Alter	- 0,07 Kuh in 4. Laktation - 0,15 Kuh > 4. Laktation
Häufigkeit Kraftfuttergabe	- 0,1 Kraftfuttergabe > fünfmal oder TMR-Fütterung

Tab. 8: Strukturwerte einiger Futtermittel (DLG-INFORMATION, 2001)

Futtermittel	Strukturwert
Grassilage, 1. Schnitt, jung	2,68
Grassilage, 1. Schnitt, überständig	3,55
Heu, gut	3,23
Heu, überständig	4,03
Luzernesilage	2,83
Maissilage, gut	1,57
Maissilage, mittel	1,79
Maissilage, mäßig	2,02
Weide, Frühjahr, jung	1,6
Weide, Frühjahr, älter	2,00
Pressschnittsilage	1,05
Triticale	-0,14

## 2.2 Diagnostische Mittel zur Erkennung eine Strukturdefizits am Tier

### 2.2.1 Pansenazidose

Je kraftfutterreicher die Rationen werden und je mehr sie sich der minimalen Grenze im Rohfaserangebot nähern, umso wichtiger wird neben der genauen Rationskalkulation eine Kontrolle und Überwachung der Rationswirkung am Tier (MAHLKOW-NERGE, 2002). Dies ist besonders im Hinblick auf die Erkennung einer subakuten oder chronisch-latenten Pansenazidose wichtig, deren Hauptursachen in einem Überangebot an leichtfermentierbaren Kohlenhydraten und einem Mangel an strukturwirksamer Rohfaser zu sehen sind und die in Milchviehbeständen weit verbreitet sind (DIRKSEN et al., 2002).

Es wird zwischen 3 Formen der Pansenazidose unterschieden (Tab.9).



## 2.2 Diagnostische Mittel zur Erkennung eines Strukturdefizits am Tier

Die akute Pansenazidose wird durch die plötzliche Aufnahme großer Mengen an Stärke/Zucker ausgelöst. Im Pansen wird neben den flüchtigen Fettsäuren vermehrt Milchsäure gebildet (DIRKSEN et al., 2002). Die Tiere zeigen schwere Allgemeinstörungen auf Grund von tiefgreifenden Störungen der Homöostase. Das bedeutet, die Konzentration verschiedener Metaboliten im Blut ist drastisch verändert (STAUFENBIEL et al., 2006). Die Diagnostik stützt sich sowohl auf den Vorbericht, die klinischen Erscheinungen als auch auf die labordiagnostisch feststellbaren Veränderungen in Blut, Harn und Pansensaft (DIRKSEN et al., 2002). Akute Pansenazidosen kommen auf Grund der Verbesserung des allgemeinen Herdenmanagements heute nur noch selten vor und spielen als Bestandsproblem keine Rolle mehr.

Die subakute Pansenazidose (Tab.8) ist ein weit verbreitetes Problem in Milchviehbeständen (ENEMARK, 2004). Sie entsteht unter anderem durch Fütterung von Rationen mit einem hohen Anteil an leichtfermentierbaren Kohlenhydraten und zu wenig strukturwirksamer Rohfaser. Beim Wechsel der Futtermischung in Richtung einer höheren Energiekonzentration bedarf der Pansen einer Anpassungszeit von 4-5 Wochen (ULBRICH, 2004). Diese Änderungen in Richtung einer Erhöhung der Energiekonzentration vollziehen sich beim Übergang von der Trockensteheration zur Vorbereitungsration bzw. von der Vorbereitungsration zur Laktationsration (DIRKSEN et al., 2002). Damit konzentriert sich das Auftreten der subakuten Pansenazidose auf die Transitperiode. Sie geht mit einem Abfall des Milchfettgehaltes, einer Verminderung der Kau- und Wiederkauaktivität sowie einer Reihe an diagnostisch nutzbaren Veränderungen im Pansensaft, Blut und Harn einher. Letztere sind Folge der Homöostasestörung, die allerdings bereits deutlich geringer ausfällt als bei der akuten Pansenazidose (STAUFENBIEL et al., 2006).

## 2.2 Diagnostische Mittel zur Erkennung eines Strukturdefizits am Tier

Tab. 9: Verschiedene Formen der Pansenazidose (STAUFENBIEL et al, 2006)

	Akute Pansenazidose	Subakute Pansenazidose	Chronisch-latente Pansenazidose
Klinik	Schwere Allgemeinstörung bis Tod	Inappetenz, Milchfettabfall, Durchfall, Risikofaktor für Fruchtbarkeitsstörungen, Labmagenverlagerungen, Klauenerkrankungen	Risikofaktor für Fruchtbarkeitsstörungen, Labmagenverlagerungen, Klauenerkrankungen, vermehrt Abgänge
Störung der	Homöostase	Homöostase Homöorrhese	Homöorrhese
Diagnostik	Klinik Blutproben, Harnproben, Pansensaftproben	Wiederkauverhalten, Kotkonsistenz, Milchfettgehalt, Harnproben, Pansensaftproben	Harnproben

Die chronisch-latente Pansenazidose geht aus der subakuten Pansenazidose hervor. Die Pansenmikroben haben sich an die veränderten Verhältnisse im Pansen angepasst, und der Organismus versucht die im Pansen übermäßig fermentierten Fettsäuren durch eine angepasste Flussgeschwindigkeit zu kompensieren. Diese gesteigerte Homöorrhese wirkt als Risikofaktor für das Auftreten verschiedener Erkrankungen, wie Labmagenverlagerungen, Klauenerkrankungen und Fruchtbarkeitsstörungen (STAUFENBIEL et al., 2006). Durch die Anpassung des Stoffwechsels befinden sich die Blutparameter im physiologischen Bereich und so gestaltet sich die Diagnose einer chronisch-latenten Pansenazidose schwierig. Nur die Pansenparameter und Harnparameter (vor allem die Netto-Säure-Basen-Ausscheidung) geben Auskunft über eine azidotische Stoffwechsellage und somit über das Vorliegen einer chronisch-latenten Pansenazidose (ENEMARK, 2004).

Im Folgenden wird dargestellt, inwieweit sich der Milchfettgehalt, die Kau- und Wiederkauaktivität, die Pansenparameter und die Netto-Säure-Basen-Ausscheidung zur Erkennung eines Strukturdefizits bzw. zur Diagnose einer Pansenazidose eignen.

### 2.2.2 Milchfettgehalt

Das Milchfett entsteht zum einen aus der de-Novo-Synthese und zum anderen durch mit dem Futter aufgenommene langkettige Fettsäuren (BARBER et al, 1997). Bei ungenügender Struktur im Futter kommt es zu Veränderungen in der Pansenfermentation, die zu einem Abfall im Milchfettgehalt führen. Es gibt zwei verschiedene Ansätze, wie es zur Reduktion des Milchfettgehaltes kommt:

Einmal können durch die Veränderungen in der Pansenfermentation die Vorstufen für die de-Novo-Synthese fehlen, oder es bilden sich bestimmte trans-Fettsäuren, die die de-Novo-Synthese hemmen (BAUMAN u. GRIINARI, 2001).

Die erste These besagt, dass es durch die Erhöhung der Propionsäureproduktion im Pansen zu einer Erhöhung der Propionsäurekonzentration im Blut kommt. Diese führt zu einer erhöhten Gluconeogenese in der Leber. Durch die hohe Propionsäure- und Glucosekonzentration im Blut wird eine vermehrte Insulinausschüttung stimuliert. Das Insulin bewirkt einen gesteigerten Verbrauch von Acetat,  $\beta$ -Hydroxybutyrat und langkettigen Fettsäuren aus dem Futter durch das Fettgewebe (Lipogenese) und eine reduzierte Mobilisation von freien Fettsäuren aus dem Fettgewebe. Dadurch fehlen wichtige Vorstufen zur de-Novo-Synthese im Euter, und es kommt zum Abfall des Milchfettgehaltes (GRANT, 1990).

DAVIS u. BROWN (1970) postulierten, dass es zu einer direkten Hemmung der Synthese durch trans-Fettsäuren kommt. Trans-Fettsäuren sind Zwischenprodukte des Abbaus ungesättigter Fettsäuren durch Mikroorganismen im Pansen (GRIINARI u. BAUMAN, 2006). Eine Veränderung der Pansenfermentation bewirkt, dass ein Teil der ungesättigten Fettsäuren einen Abbauweg beschreitet, bei dem vermehrt trans-10 C18:1 gebildet wird (GRIINARI et al., 1998). GRIINARI et al. (2001) fanden heraus, dass das Auftreten von trans-10 C18:1 und cis-12 konjugierter Linolsäure stark mit dem Abfall im Milchfettgehalt korrelieren und schlossen daraus, dass diese Zwischenprodukte die de-Novo-Synthese direkt hemmen. Es kommt zu einem starken Abfall der Neusynthese und somit zu einem reduzierten Gehalt an kurz- und mittelkettigen und einem erhöhten Anteil an langkettigen Fettsäuren in der Milch (BAUMAN u. GRIINARI, 2001).

Obwohl bei einem Strukturmangel Veränderungen der Pansenfermentation vorliegen, gibt es zahlreiche Studien, die keinen Einfluss der Partikellänge auf den Milchfettgehalt feststellen konnten (COOKE u. BERNARD, 2005, FERNANDEZ et al., 2004, REMOND et al., 2004). JOHNSON et al. (2003) stellten fest, dass es bei Kühen in der Früh-laktation zu einem Rückgang des Milchfettgehaltes bei mangelnder Struktur kam, bei Kühen, die sich in der

## 2.2 Diagnostische Mittel zur Erkennung eines Strukturdefizits am Tier

Laktationsmitte oder am Laktationsende befanden aber nicht. SUTTON et al. (2003) stellten bei Rationen mit einem Strukturmangel eine Verdopplung der Propionsäurekonzentration und einen reduzierten Milchfettgehalt fest. KRAUSE u. COMBS (2003) berichteten ebenfalls von einem Rückgang des Milchfettgehalts bei Reduzierung der Struktur, aber dieser war eher abhängig von der Rohfaserquelle. Die kürzere Häcksellänge bewirkte einen Rückgang des Milchfettgehaltes bei Rationen bestehend aus 50% Luzerne und 50% Mais, nicht aber bei Rationen bestehend aus 100% Luzerne.

Erfahrungen zeigen, dass bei einem hohen Angebot nicht strukturierter Rohfaser noch genügend Essigsäure gebildet wird, um den Fettgehalt auf einem Niveau von 3,8-4,2% zu halten. Daraus folgt, dass bei hoher Leistung, bei Verfütterung einer Gesamtmischung und relativ hoher Futtermittelaufnahme der Fettgehalt allein kein sicherer Indikator für das Vorliegen eines Strukturdefizits ist (ULBRICH et al., 2004). Es gibt neben der Strukturwirksamkeit der Rohfaser und dem pH-Wert des Pansens noch weitere Faktoren, die den Milchfettgehalt beeinflussen können, wie das Verhältnis zwischen Kraftfutter und Grundfutter (CALBERRY et al., 2003). Daher bietet der Milchfettgehalt eine gute Orientierungshilfe in der Bewertung der Strukturversorgung einer Herde, er sollte allerdings nicht als alleiniger Parameter ausgewählt werden, sondern immer im Zusammenhang mit Harn- oder Pansenparametern gesehen werden (KLEEN, 2003). In der Herdendiagnostik zur Feststellung einer Pansenazidose sollte er berücksichtigt werden, denn vor allem Einzeltiere, die unter dem Herdendurchschnitt liegen, können Hinweise auf das Vorliegen dieser Erkrankung geben (MAHLKOW-NERGE, 2002).

### 2.2.3 Kau- und Wiederkauaktivität

Die Kau- und Wiederkauaktivität ist ein weiteres nicht invasives Mittel, um die Strukturversorgung einer Herde zu beurteilen. Sie ist eine physikalische Methode, die von der chemischen Zusammensetzung und der Partikellänge des Futtermittels abhängig ist (NORGAARD, 1985).

Die Kau- und Wiederkauaktivität gibt Hinweise über den Speichelfluß und die Pansenmotilität. Das Wiederkauen wird durch taktile Reize im Pansen stimuliert. Bei einem Strukturmangel fehlt dieser Reiz im Pansen und die Wiederkauzeit verringert sich (VAN SOEST, 1994). Es kommt zu einer reduzierten Speichelbildung und damit zu einem Rückgang des pH-Wertes im Pansen und einer Erhöhung der Gesamtfettsäurenkonzentration,

## 2.2 Diagnostische Mittel zur Erkennung eines Strukturdefizits am Tier

da die Puffer- und Verdünnungswirkung des Speichels fehlen (SANTINI et al., 1983). BALCH (1971) beobachtete, dass die Verkürzung der Partikellänge einer Ration oder die Anwesenheit vieler leichtfermentierbarer Kohlenhydrate zu einem Rückgang der Wiederkauzeit führte. SANTINI et al. (1983) stellten fest, dass bei einer längeren Häcksellänge die tägliche Kauaktivität gesteigert wurde und dadurch sich die tägliche Speichelproduktion erhöhte. Der erhöhte Speichelfluss hatte einen starken positiven Einfluss auf den pH-Wert des Pansens, auf die Gesamtfettsäurenkonzentration, auf das Acetat-Propionat-Verhältnis und den MilCHFettgehalt. NORGAARD (1985) zeigte, dass das Mahlen und Pelletieren der Futtermittel zu einer Verringerung der Kauaktivität, der Pansenmotilität und des Speichelflusses und somit zu einer Veränderung der Pansenfermentation führte. SUDWEEKS (1981) legte die optimale Kauzeit auf 30 min/kg Trockenmasseaufnahme, NORGAARD auf 30-50 min/SFU (skandinavische Futtereinheit) fest. PIATKOWSKI et al. (1990) wiesen nach, dass dreimal soviel Speichel beim Wiederkauen produziert wird, wie am Rest des Tages. Sie legten die optimale Kauzeit auf 40-59 min/kg Trockenmasseaufnahme, HOFFMANN (1990) auf 40 min/ kg Trockenmasseaufnahme fest. Nach ihren Studien, lag die durchschnittliche Wiederkauzeit bei 7-8 h pro Tag. Heute nehmen die Kühe viel mehr Trockenmasse zu sich (ca. 20 kg), was in einer höheren Wiederkauaktivität von 10-13 h resultiert. Das Häckseln von Heu verringerte die Wiederkauzeit um 50%, das Pelletieren sogar um 70%, obwohl es sich um ein rohfaserreiches Futtermittel handelte. DE BOEVER et al. (1993) beurteilten die Wiederkauaktivität als den aussagekräftigeren Parameter im Vergleich zur gesamten Kauaktivität, denn die Fresszeit, die einen Teil der gesamten Kauaktivität ausmacht, wird nicht von der Partikellänge beeinflusst. TAJAJ et al. (1999) wiesen einen Rückgang der Wiederkauaktivität bei Abnahme der Häcksellänge aufgrund der fehlenden Vernetzung der Fasermatte und der dadurch fehlenden taktilen Reize nach. In vielen Studien (CLARK u. ARMENTANO, 2002, KRAUSE et al., 2002, BEAUCHEMIN et al., 2003, TEIMOURI YANSARI et al., 2004, TAJAJ et al., 2005) wurde der positive Einfluss einer größeren Partikellänge auf die Kau- und Wiederkauaktivität bestätigt. KONONOFF u. HEINRICHS (2003) stellten eine Erhöhung der Kauaktivität, aber keine positive Beeinflussung des Pansen-pH-Wertes fest. Dies führten sie auf das ausgeprägte Sortierverhalten in der Gruppe mit der längeren Häcksellänge, das zeitlich in die Kauaktivität mit eingerechnet wird, zurück. Es kam ihrer Meinung nach nicht zu einem erhöhten Speichelfluss, da nicht mehr gekaut wurde, sondern nur mehr sortiert wurde. Weiterhin schlossen sie, dass die Effektivität der Maissilage nicht nur von der Häcksellänge abhängt. TAJAJ et al. (2005) beobachteten eine erhöhte Kauaktivität aufgrund einer signifikant

## 2.2 Diagnostische Mittel zur Erkennung eines Strukturdefizits am Tier

erhöhten Wiederkauaktivität bei längerer Häcksellänge. BEAUCHEMIN u. YANG (2005) stellten trotz Erhöhung der Kauaktivität keine positive Beeinflussung des Pansen-pH-Wertes fest. Sie folgerten daraus, dass der pH-Wert von anderen Faktoren bestimmt werden muss, wie z.B. der Trockenmasseaufnahme, der Fermentationsgeschwindigkeit im Pansen und dem Fütterungsmanagement. Im Unterschied hierzu fanden YANG u. BEAUCHEMIN (2005, 2006) einen deutlichen Rückgang der Kauaktivität bei kürzerer Häcksellänge. Wie schon beim Milchfettgehalt, gilt die Kau- bzw. die Wiederkauaktivität als ein Hinweis auf einen Strukturmangel. Durch den fehlenden positiven Einfluss des erhöhten Speichelflusses in manchen Studien und durch die Feststellung einiger Autoren, dass der Pansen-pH-Wert auch von anderen Faktoren beeinflusst wird, sollten auch hier Harn- und Pansenparameter hinzugezogen werden.

Die Messung der Kau- bzw. Wiederkauaktivität kann relativ unkompliziert, aber mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden, über das Zählen der Kauschläge pro Bissen ermittelt werden (HAILU JILE, 2003). Als Referenzwert gelten 50-60 Kauschläge pro Bissen und es sollen mindestens 70% der liegenden Kühe zu jeder Zeit wiederkauen (RESZLER, 2006).

### 2.2.4 Pansenparameter

Die Milchleistung und die Kauaktivität sind nur ein Ausdruck der Pansenfermentation. Sie werden zur Beurteilung herangezogen, da sie einfach zu bestimmen sind. Sie sind allerdings nicht so aussagekräftig wie der pH-Wert des Pansens, die Gesamtfettsäurenkonzentration und das Fettsäurenmuster (MERTENS, 1997).

Der pH-Wert des Pansens wird bestimmt durch:

- 1) die pro Zeiteinheit gebildete Menge an kurzkettigen Fettsäuren als Folge der Fermentation der Nährstoffe,
- 2) die Höhe des puffernden Speichelflusses und die  $\text{HCO}_3$ -Sekretion des Pansenepithels
- 3) die Eliminierung der Fettsäuren aus dem Pansen
- 4) die Verdünnungsrate und Passagegeschwindigkeit der Ingesta (DIRKSEN, 1985).

Bei Verfütterung leichtfermentierbarer Kohlenhydrate und wenig Struktur kommt es zu einer Erhöhung der Fettsäurenkonzentration im Pansen und einer Abnahme des Speichelflusses. Die Fettsäuren steigen stark an. Dieses führt zu einem Absinken des pH-Wertes.

Die Resorption kurzkettiger Fettsäuren erfolgt über die zwei folgenden Mechanismen: Der größte Teil der kurzkettigen Fettsäuren liegt bei pH-Werten zwischen 6-7 in dissoziierter Form

## 2.2 Diagnostische Mittel zur Erkennung eines Strukturdefizits am Tier

vor. In diesem Zustand sind sie lipidunlöslich und können die Pansenwand nur mit Hilfe eines Anionenaustauschers (Fettsäure gegen  $\text{HCO}_3^-$ ) passieren. In undissozierter Form sind die Fettsäuren lipidlöslich und können die Pansenwand passieren. Bei pH-Werten  $< 6$  liegen bis zu 50 % der Fettsäuren in undissozierter Form vor. Dadurch kommt es zu einer gesteigerten Resorption (JEROCH et al., 1999). Da die Gesamtfettsäurenkonzentration im Pansen sowohl von der Bildung als auch von der Resorption und dem Abbau abhängt, ist es möglich, trotz intensiver Fettsäurenbildung, keine hohen Gesamtfettsäurenkonzentrationen im Pansensaft nachzuweisen. Daraus folgert DIRKSEN (1985), dass das Fettsäurenmuster der aussagekräftigere Parameter ist.

Ein länger andauernder tiefer pH-Wert (pH  $< 6,2$ ), wie er bei einer subakuten oder chronisch-latenten Pansenazidose vorliegt, führt zu einer Veränderung der Pansenmikrobenpopulation. Es kommt zu einer Reduktion der cellulolytischen und einer Zunahme der amylolytischen Bakterien, was zu einer Verschiebung des Fettsäurenmusters führt. Es wird mehr Propionsäure gebildet und dadurch verändert sich das Essigsäure:Propionsäure-Verhältnis (normal: 65%:20%, bei pH 5,5 36%:40%)(DIRKSEN et al., 2002). Dieses veränderte Essigsäure-Propionsäure-Verhältnis wirkt sich negativ auf die Energie- und Stickstoffverwertung aus (ULBRICH et al., 2004).

Sowohl der pH-Wert im Pansen als auch die Gesamtfettsäurenkonzentration weisen von Tag zu Tag und über den Tag verteilt Schwankungen auf und sind stark abhängig von der Art der Entnahme und der Lokalisation (ENEMARK et al., 2003).

Es liegen viele Studien über die beste Art und Weise der Pansensaftgewinnung bzw. der pH-Wert-Messung vor. DUFFIELD et al. (2004) verglichen die pH-Werte nach Entnahme per Pansensonde, per Pansenpunktion und über eine Pansenfistel mit den pH-Werten von im Pansen verbleibenden pH-Messern. Sie stellten fest, dass die Entnahme über die Fistel die realistischsten Werte ergab. Diese Technik kommt zur Herdendiagnostik aber nicht in Frage. Die Pansenpunktion ergab niedrigere pH-Werte als die nach Entnahme mit der Sonde, was auf die Speichelkontamination dieser Proben zurückzuführen war. Die Pansenpunktion ist die empfindlichere Methode, trotzdem können niedrige pH-Werte in durch Sonden gewonnenem Pansensaft auch Hinweise auf das Vorliegen einer Pansenazidose liefern. CALBERRY et al. (2003) stellten fest, dass aufgrund der täglichen Schwankungen des pH-Wertes, die kontinuierliche pH-Wert Messung besser geeignet ist, um einen wirklichen Eindruck des Pansenstatus zu bekommen. Gleichzeitig äußerten sie aber, dass die einmalige Messung 4-5 h nach Futtervorlage einen verlässlichen Hinweis auf das Vorliegen einer subakuten Pansenazidose darstellt. Einige Autoren (NOCEK et al., 2002, ENEMARK et al., 2003,

## 2.2 Diagnostische Mittel zur Erkennung eines Strukturdefizits am Tier

KRAUSE u. COMBS, 2003, LEONARDI et al., 2005) stellten fest, dass sich die Zeit, in der sich der pH-Wert unter 5,8 befindet, besser eignet, um ein Strukturdefizit bzw. eine subakute oder chronisch-latente Pansenazidose nachzuweisen als der mittlere pH-Wert, da dort die Schwankungen miteinbezogen werden. Diese im Pansen verbleibenden pH-Wert-Messer haben den großen Vorteil, dass es weder zu einer Speichelkontamination noch zu einer Peritonitis nach Punktion kommen kann (PENNER et al., 2006).

Der pH-Wert des Pansens eignet sich am besten zur Feststellung eines Strukturdefizits und einer daraus folgenden Pansenazidose (ENEMARK et al., 2004).

### 2.2.5 Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung

Beim Vorliegen einer Pansenazidose kommt es durch den niedrigen pH-Wert zu einem erhöhten osmotischen Druck im Pansen. Dieser führt zu einem Wassereinstrom, einer Störung der Epithelzellen und deren Barriere- und Transportfunktion. Dies und die vermehrte Resorption führen zu einer Säurebelastung des gesamten Organismus (ENGELHARDT, 2005). Es entsteht eine metabolische Azidose.

Zur Diagnostik einer metabolischen Azidose vor allem auf Herdenbasis stellt die Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA) einen geeigneten Parameter dar. Während der pH-Wert ein Maß der freien, ungepufferten Wasserstoffionen ist, stellt die NSBA die Gesamtheit der Wasserstoffionen, also auch der gepufferten, dar (FÜRLI u. KIRBACH, 1997). Sie ist eine schnelle, einfache und mit geringem technischem Aufwand durchführbare Methode und macht sich zu Nutze, dass die Niere den beim Rind wesentlichen Regulationsweg des Säuren-Basen-Haushaltes darstellt (KUTAS, 1966).

Die NSBA bietet eine gute Möglichkeit, fütterungsbedingte Veränderungen und chronische, klinisch nicht mehr erkennbare Störungen, nachzuweisen, da über den Harn lange nach der Normalisierung der entsprechenden Regelgrößen im Blut die entstandenen Stoffwechselprodukte ausgeschieden werden (BENDER, 2002). Dies macht sie besonders für die Diagnose der chronisch-latenten Pansenazidose wichtig (ENEMARK, 2003). Aber auch hier ist die NSBA als alleiniger Parameter nicht ausreichend, um die Diagnose chronisch-latente Pansenazidose zu stellen, denn sie zeigt nur die azidotische Belastung des gesamten Organismus an und gibt keine Aussage woher diese stammt (ENEMARK et al., 2004).

Die Diagnose der chronisch-latenten Pansenazidose erweist sich als schwierig und dabei wäre gerade diese besonders wichtig, denn die chronisch-latente Pansenazidose gilt als Risikofaktor



## 2.2 Diagnostische Mittel zur Erkennung eines Strukturdefizits am Tier

für Erkrankungen wie Labmagenverlagerungen, Klauenerkrankungen und vermehrte Abgänge (STAUFENBIEL et al., 2006).

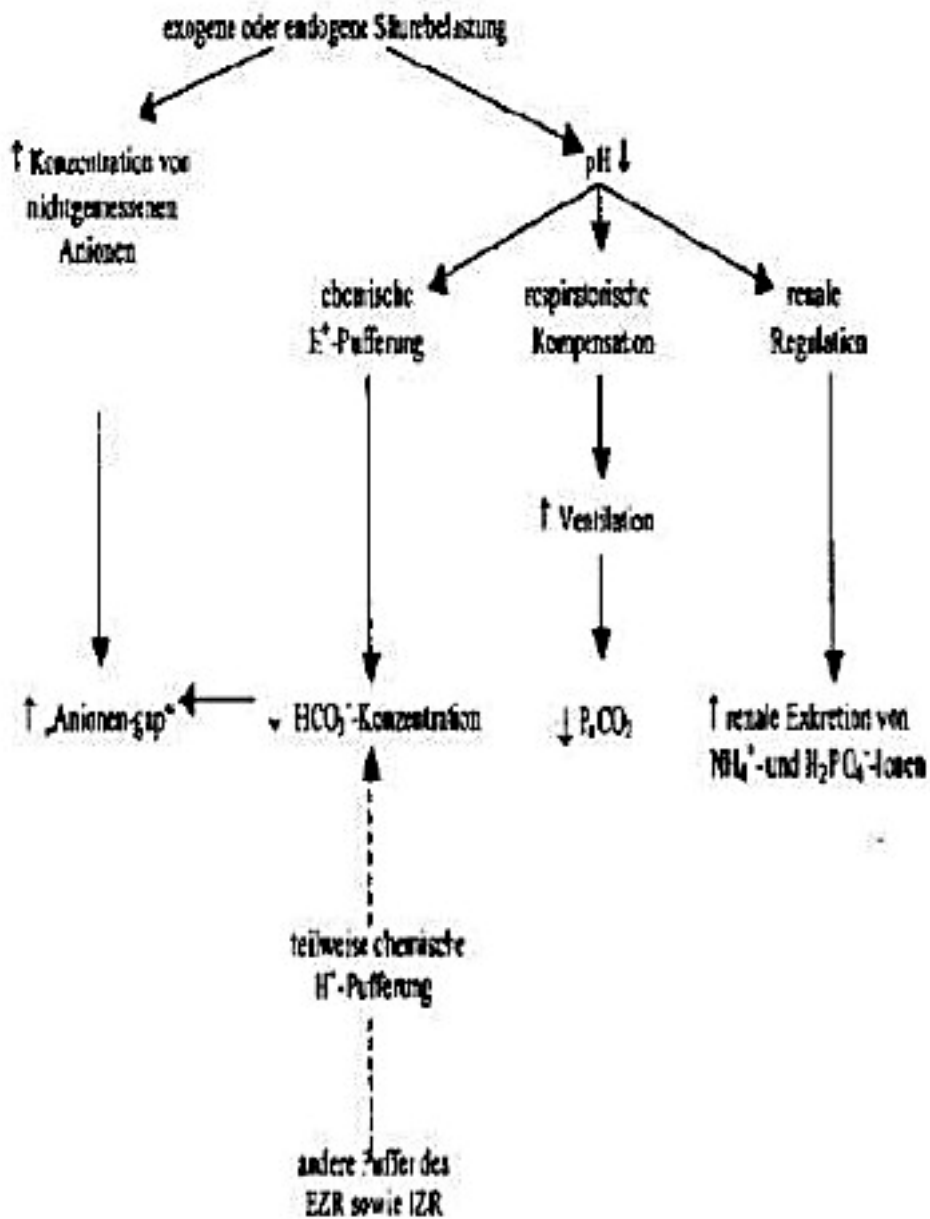


Abb.4: Kompensatorische Mechanismen einer metabolischen Azidose (nach HARTMANN, 1994)

### **2.3 Einfluss der Häcksellänge auf die Strukturwirksamkeit von Rationen**

Der Maissilage wird im nördlichen Europa besondere Aufmerksamkeit geschenkt, da sie im Grundfutter sowohl eine zuverlässige Rohfaserquelle als auch eine gute Energiequelle vereint (FERNANDEZ et al., 2004). Es wird angenommen, dass die Strukturwirksamkeit der Maissilage von deren Häcksellänge abhängt. Um diese Vermutung zu bestätigen, wurde eine Reihe von Fütterungsversuchen durchgeführt, deren Ergebnisse im Folgenden zusammengefasst werden. Sie sind unterteilt nach den verschiedenen Reaktionen des Tieres auf ein mögliches Strukturdefizit.

#### **2.3.1 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe**

Es wird allgemein angenommen, dass die Kuh auf ein Strukturdefizit mit dem Rückgang des Milchfettgehaltes reagiert (GRANT, 1990). Dieser wird oft zur Strukturbewertung herangezogen, da die Probenentnahme einfach und der Rückgang des Milchfettgehaltes für die Landwirte ökonomisch wichtig ist (MERTENS, 1997).

SCHWARZ u. KIRCHGESSNER (1982), SCHWARZ (1985), STOCKDALE u. BEAVIS (1994) stellten keine signifikante Beeinflussung der Milchleistung oder der Milchinhaltsstoffe durch unterschiedliche Häcksellängen fest. BEAUCHEMIN et al. (1994) stellten die Hypothese auf, dass ein negativer Einfluss der Häcksellänge auf den Milchfettgehalt eher in Rationen zu beobachten ist, deren NDF-Gehalt unterhalb der Bedarfsgrenze liegt. Nach PREISSINGER et al. (1998) hat die Häcksellänge keinen Einfluss auf die Milchleistung, sondern nur die Körneraufbereitung. Als Erklärung gaben sie den Anstieg der Stärkeverdaulichkeit im Pansen an. CLARK u. ARMENTANO (1999) berichteten, dass die Reduktion der Häcksellänge der Maissilage nicht zu einem Rückgang des Milchfettgehaltes, sondern eher zu einer Steigerung führte. Dieser Effekt wurde letztendlich nicht durch die unterschiedliche Häcksellänge, sondern durch die gleichzeitige Verfütterung von langer Luzernesilage erklärt. BAL et al. (2000), SCHWAB et al. (2002), KONONOFF u. HEINRICHS (2003) und ONETTI et al. (2003) fanden ebenfalls, dass die Häcksellänge keinen Einfluss auf die Milchleistung oder die Milchinhaltsstoffe aufweist. Die Milchfettprozentage in den Versuchen von ONETTI et al. (2003) waren nicht durch die Häcksellänge beeinflusst, lagen im Allgemeinen aber sehr niedrig, obwohl die Ration rechnerisch über dem Bedarf an Rohfaser, der zum Erhalt des Milchfettgehaltes notwendig ist,

## 2.3 Einfluss der Häcksellänge auf die Strukturwirksamkeit von Rationen

lag. Daher folgerten sie, dass die Mindestgaben von Rohfaser für Maissilage höher liegen sollten, als bei anderen Grundfuttermitteln.

KONONOFF et al. (2003) fand keine Beeinflussung der Milchmenge, Milcheiweißmenge und –prozentage, aber einen positiven Einfluss der längeren Häcksellänge auf 3,5% FCM, Milchfettmenge und –prozentage. In dieser Studie wurden 4 verschiedene totale Mischrationen gefüttert, bestehend aus 1) nur kurzer, 2) mehr kurzer als langer, 3) mehr langer als kurzer und 4) nur langer Maissilage. Die beiden Rationen, mit sowohl kurzer als auch langer Häcksellänge in verschiedenem Verhältnis, die höchsten Werte bei der Milchleistung aufwiesen und nicht die Ration bestehend aus nur langer Maissilage. Dies veranlasste die Autoren zu dem Schluss, dass nicht nur die Häcksellänge, sondern auch die Partikelgrößenverteilung einen Einfluss auf den Milchfettgehalt hat. FERNANDEZ et al. (2004) und SOITA et al. (2005) berichteten, dass die Häcksellänge keinen Einfluss auf die Milchleistung und die Milchinhaltsstoffe hat. FERNANDEZ et al. (2004) begründeten diesen fehlenden Effekt der Häcksellänge auf die Milchleistung, die Milchinhaltsstoffe und auch die später aufgeführte Kauaktivität und den Pansen-pH, mit der effektiveren Zerkleinerung der längeren Häcksellänge beim Kauvorgang, so dass die in den Pansen gelangenden Partikel sich in ihrer Größe kaum noch unterschieden. COOKE u. BERNARD (2005), YANG u. BEAUCHEMIN (2005 u. 2006) und ZEBELI et al. (2005) fanden keinen Effekt der Häcksellänge auf Milchmenge und –inhaltsstoffe und begründeten dies mit der Verwendung von Kühen in der Mitte oder dem Ende der Laktation. ZEBELI et al. (2005) schlossen daraus, dass die Milchparameter in dieser Zeit nicht so sensibel auf die Fütterung reagieren, wie andere Parameter, z.B. die Kauaktivität und die Pansenparameter.

### 2.3.2 Kauaktivität und Wiederkauaktivität

ROHR et al. (1983) stellten eine Tendenz zur Verringerung der Kauaktivität bei Reduktion der Häcksellänge fest. WEIGAND et al. (1993) fanden in ihrem Versuch eine deutlich erhöhte Wiederkauaktivität (lang = 60,1 min/kg TM; kurz = 54,5 min/kg TM) für die lange Maissilage. DE BOEVER et al (1993) stellten eine Verringerung der Wiederkauaktivität und der gesamten Kauaktivität mit Reduktion der Häcksellänge von 16 auf 8 auf 4 mm fest. Die Steigerung der Häcksellänge von 8 auf 16 mm ergab keine weitere signifikante Steigerung der Wiederkauaktivität. Daraus schlossen sie, dass die Erhöhung der Häcksellänge ab einem bestimmten Punkt keine weiteren Vorteile bringt. Zu den gleichen Ergebnissen kamen auch

## 2.3 Einfluss der Häcksellänge auf die Strukturwirksamkeit von Rationen

DE BRABANDER et al. (1999), STOCKDALE u. BEAVIS (1994) fanden keine signifikanten Unterschiede in der Kauaktivität.

MERTENS (1997) und KONONOFF et al. (2003) berichteten von einer Erhöhung der Kauaktivität und der Wiederkauaktivität bei langer Häcksellänge. Im Unterschied dazu wiesen DHIMAN et al. (2000), BAL et al. (2000), SCHWAB et al. (2000), KONONOFF u. HEINRICHS (2003) und ONETTI et al. (2003) keine Beeinflussung der Kauaktivität durch die Häcksellänge nach.

COOKE u. BERNARD (2005) und SOITA et al. (2005) konnten ebenfalls keinen Einfluss der Häcksellänge auf die Kauaktivität feststellen. SOITA et al. (2005) sind der Meinung, dass das Auftreten eines Einflusses auf die Kauaktivität in anderen Studien, einzig an den längeren Häcksellängen (z.B. 19 vs. 32 und 30 vs. 40 mm) liegt, die miteinander verglichen wurden. BEAUCHEMIN u. YANG (2005) und YANG u. BEAUCHEMIN (2006) stellten fest, dass eine lange Häcksellänge die Kauaktivität positiv beeinflusst. Die Erhöhung der Kauaktivität kam hauptsächlich durch eine Verlängerung der Wiederkauzeit, nicht der Fresszeit zustande.

### 2.3.3 Pansenparameter

ROHR et al. (1983) berichteten von keiner Beeinflussung des pH-Wertes, aber einem geringen Anstieg des molaren Anteils an Propionsäure und an Buttersäure bei Kühen, die mit kurzer Maissilage gefüttert wurden. Im Unterschied dazu stellten ODAI (1986) und STOCKDALE u. BEAVIS (1994) keine Beeinflussung der Gesamtfettsäurekonzentration oder des Fettsäuremusters fest. BAL et al. (2000) fanden eine verbesserte Beschaffenheit der Fasermatte und eine Verhinderung des Rückgangs der Rohfaserverdaulichkeit bei einer Häcksellänge von 19 mm im Unterschied zu 9,5 und 14,5 mm, aber es wurde kein positiver Effekt auf die Tiergesundheit festgestellt, was möglicherweise an der Kürze des Versuches (28 d) lag. SCHWAB et al. (2002) stellten ähnlich wie ROHR et al. (1983) keine Beeinflussung des Pansen-pH durch die Häcksellänge fest. Aber auch hier war bei kürzerer Häcksellänge der molare Anteil an Propionsäure erhöht. Obwohl die Kauaktivität in der Gruppe mit kürzerer Häcksellänge sank, konnten KONONOFF u. HEINRICHS (2003) keine Beeinflussung des Pansen-pH, der Gesamtfettsäurekonzentration und des Fettsäuremusters feststellen. Daraus folgerten sie, dass die physikalischen Eigenschaften wahrscheinlich einen weniger bedeutenden Einfluss auf den Pansen-pH und die Pansenfermentation haben, als angenommen wird. Im Unterschied hierzu berichteten KONONOFF et al. (2003), dass keine

## 2.3 Einfluss der Häcksellänge auf die Strukturwirksamkeit von Rationen

Beeinflussung des Pansen-pH stattfand, aber die Gesamtfettsäurekonzentration sich mit Verringerung der Häcksellänge erhöhte. Der molare Anteil an Propionsäure stieg an und das Verhältnis Essigsäure zu Propionsäure wurde kleiner bei kürzerer Häcksellänge. Da die Pansenwerte, wie schon beim Milchfettgehalt beschrieben, bei den Gruppen mit sowohl kurzer als auch langer Silage in unterschiedlichem Verhältnis, am höchsten waren, bestätigt dies die These, dass nicht nur die Häcksellänge, sondern auch andere Faktoren, wie die Partikelgrößenverteilung, eine Rolle spielen. ONETTI et al. (2003) zeigten eine Tendenz zu höheren pH-Werten bei längerer Häcksellänge. Aber diese waren eher durch die verminderte tägliche Trockenmasseaufnahme zu erklären. YANG u. BEAUCHEMIN (2005) fanden heraus, dass es bei kürzerer Häcksellänge zu einem niedrigeren Pansen-pH und einer Verkleinerung des Verhältnisses von Essigsäure zu Propionsäure kam. BEAUCHEMIN u. YANG (2005) fanden aber trotz erhöhter Kauaktivität bei längerer Häcksellänge keine Verbesserung des Pansenstatus. Der mittlere pH-Wert und die Zeit, in der der pH < 5,8 war, wurden nicht durch die Häcksellänge beeinflusst. Sie wiesen gleichzeitig bei kürzerer Häcksellänge signifikant höhere Werte in der Gesamtfettsäurekonzentration und dem molaren Anteil an Propionsäure und signifikant niedrigere Werte in dem molaren Anteil von Butyrat und dem Acetat:Propionat-Verhältniss nach. Daraus folgerten sie, dass der pH-Wert durch andere Faktoren beeinflusst wird, die die Produktion von freien Fettsäuren bestimmen, wie die tägliche Trockenmasseaufnahme, die Fermentationsgeschwindigkeit der Futtermittel, die aufgenommene Stärkemenge und das Fütterungsmanagement. Deswegen eignet sich ihrer Meinung nach der Pansen-pH nicht zur Beurteilung der Strukturwirksamkeit. ZEBELI et al. (2005) widersprechen dieser Aussage. Sie sind der Meinung, dass der pH-Wert die beste Möglichkeit darstellt, wenn sich auf eine einheitliche Messmethode geeinigt werden kann. Dies ist wichtig, da zu unterschiedlichen Zeiten und an unterschiedlichen Orten im Pansen unterschiedliche pH-Werte auftreten können. YANG u. BEAUCHEMIN (2006) stellten fest, dass die Häcksellänge den mittleren pH-Wert und den niedrigsten pH-Wert nicht beeinflusst, sich eine längere Häcksellänge aber positiv auf die Zeit auswirkt, in der der pH-Wert < 5,5 ist. Es kam dort zu einer kleinen Verbesserung des Pansenstatus.

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Versuchstiere und Haltung

Der Fütterungsversuch wurde im Zeitraum vom 11.07 bis 23.12. 2005 im Landwirtschaftszentrum der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen Haus Riswick, Kleve durchgeführt. Die Milchviehherde im Landwirtschaftszentrum Haus Riswick umfasst ca. 180 Kühe der Rasse Hostein-Friesian, sowohl schwarzbunt als auch rotbunt. Die Milchkühe werden in drei Liegeboxen-Laufställen mit unterschiedlichen Stalleinrichtungen und Melktechniken gehalten. Die durchschnittliche Milchleistung der Herde im Untersuchungszeitraum betrug 9500 kg.

Insgesamt nahmen 59 Kühe an diesem Versuch teil. Sie waren während der gesamten Dauer auf der rechten Seite des Stalls R2 aufgestellt. Es ist ein zweireihiger Boxenlaufstall mit Vollspaltenboden und Balkenspaltenschieber. Die Liegeboxen sind 2,50 m x 1,15 m groß und haben als Hochboxen ein Gefälle von 4%. Sie sind mit Animate-Schaummatratzen ausgelegt und mit Sägespänen eingestreut.

Die Auswahl der Tiere erfolgte nach Laktationsstadium, Laktationszahl und Milchleistung. Aufgrund dieser Parameter wurden Passerpaare für die zwei unterschiedlichen Fütterungsgruppen gebildet.

Die kurzgehäckselte Maissilage erhielten insgesamt 30 Kühe (Gruppe kurz), die lange Maissilage erhielten insgesamt 29 Kühe (Gruppe lang) (Tab. 10). 18 Kühe aus Gruppe kurz und 17 Kühe aus Gruppe lang bekamen bereits in der Vorbereitungsphase die differenzierte Fütterung (Teilstichprobe 1). 12 Kühe der Gruppe kurz und 12 Kühe der Gruppe lang wurden erst als laktierende Kühe in der 2. bis 13. Laktationswoche in die Untersuchung aufgenommen (Teilstichprobe 2).

Tab.10: Übersicht zur Stichprobeneinteilung, den Tierzahlen und den Probenzahlen

	Gesamtstichprobe (A)		Teilstichprobe (B)		Teilstichprobe (C)	
	Tierzahl	Proben	Tierzahl	Proben	Tierzahl	Proben
Fütterungsgruppe kurz	30	196	18	103	12	93
Fütterungsgruppe lang	29	201	17	108	12	93

Fütterungsgruppe kurz = kurzgehäckselte Maissilage (5 mm)

Fütterungsgruppe lang = langgehäckselte Maissilage (21 mm)

Teilstichprobe 1 = Untersuchungsbeginn ab der 1. Laktationswoche,  
Laktationswoche = Versuchswoche

Teilstichprobe 2 = Untersuchungsbeginn zwischen 2. und 13. Laktationswoche,  
Laktationswoche  $\neq$  Versuchswoche

Untersuchungszeit = 20 Wochen

Probenzeiten = 1., 2., 3., 4., 8., 12., 16., 20. Versuchswoche

Der Milchentzug erfolgte zweimal täglich um 5:30 Uhr und um 15:30 Uhr in einem 14er Melkkarussell.

### 3.2 Fütterung

Den Kühen wurde einmal täglich morgens um 7 Uhr eine TMR mit Hilfe eines Futtermischwagens in Einzelwiegetrögen vorgelegt. Die Ration bestand zu 62 % aus Grundfutter und zu 38 % aus Kraftfutter. Der Grundfutteranteil der Ration bestand zu 85% aus Maissilage und zu 15% aus Grassilage. Bei der Grassilage handelte es sich bis Dezember um den zweiten Schnitt aus dem Jahr 2004. In den letzten drei Wochen des Versuches wurde der erste Schnitt von 2005 verfüttert. Die Grassilage befand sich auf Betonsiloplaten und war mit Silofolie und Netzen abgedeckt.

### 3.2 Fütterung

Im Herbst 2004 wurde auf Riswick Delitop-Mais in zwei verschiedenen Häcksellängen, 5 mm und 21 mm, geerntet. Für beide Häcksellängen wurden jeweils zwei Silohaufen auf Gummimatten aufgeschüttet und mit Silofolie und Netzen abgedeckt.

Sowohl die Gras- als auch die Maissilage wurden mit einer fräsenden Technik entnommen.

Als Proteinergänzer wurde Bolder Soja-Raps gefüttert. Es wurde SK 43 18/3 Milchleistungsfutter der Firma Bela gefüttert. Weiterhin wurde Propylenglykol, Futterkalk und Viehsalz zu der TMR hinzugegeben.

Die Rationen der beiden Fütterungsgruppen unterschieden sich nur in der Häcksellänge der Maissilage voneinander.

Tab.11: Zusammensetzung der TMR

Komponenten	Anteil, % bezogen auf TM
Grassilage, 2. Schnitt 2004	9,3
Maissilage 2005	52,4
Proteinergänzer	17,1
KF (160 g nXP, 6,7 MJ NEL/kg)	19,0
Propylenglykol	1,1
Futterkalk	0,7
Viehsalz	0,25
Spur-a-vit	0,16



Tab.12: Analysewerte der Maissilage

Prüfparameter	Einheit	5 mm Häcksellänge		21 mm Häcksellänge	
		Prüfergebnis im Original	in TS	Prüfergebnis in Original	in TS
Trockensubstanz	%	42,6	100	39,6	100
Wasser	%	57,4	0	60,4	0
Rohasche (XA)	%	2,1	4,9	2,0	5,1
Rohprotein (XP)	%	3,1	7,2	3,0	7,6
Rohfaser (XF)	%	8,3	19,5	7,6	19,3
Strukturwert	je kg T		1,7		1,6
Stärke (XS)	%	15,6	36,6	14,5	36,6
beständige Stärke (bXS)	g/kg	47	110	44	110
NDF	%	17,3	40,6	15,0	37,8
ADF	%	7,2	16,9	6,7	16,8
nutzbares Rohprotein (nXP)	g/kg	55	129	52	131
Ruminale N-Bilanz (RNB)	gN/kg	-3,9	-9,2	-3,5	-8,7
ME (Rind)	MJ/kg	4,6	10,8	4,3	10,8
Netto-Energie-Laktation (NEL)	MJ/kg	2,78	6,53	2,59	6,53
Milchsäure	%	2,59	6,08	2,16	5,46
Buttersäure	%	0,03	0,07	0,02	0,05
Essigsäure	%	0,54	1,27	0,49	1,24

Die Masseverteilung nach Schüttelboxsiegung der gesamten TMR (Abb. 5) zeigt für die Gruppe kurz einen deutlich höheren und nach den Richtwerten von ULBRICH et al. (2004) deutlich zu hohen Anteil an Partikel < 8mm.

Tab.13: Materialverteilung nach Schüttelboxsiegung der TMR

Größenklasse	Massenanteil in %		Richtwerte	
	21mm	5mm	ULBRICH et al (2004)	DLG 2001
< 8 mm	45	62	45-55 %	40-60 %
8-19 mm	36	28	35-45 %	30-50 %
> 19 mm	19	11	5-19 %	6-10 %

### 3.3 Probenentnahme

In den ersten vier Wochen nach Versuchsantritt wurden einmal wöchentlich eine Blut-, eine Harn- und eine Pansensaftprobe entnommen und die Rückenfettdicke per Ultraschall gemessen. Danach wurden alle vier Wochen, also in Versuchswoche 8, 12, 16, 20, eine Blut-, Harn- und Pansensaftprobe entnommen und die Rückenfettdicke gemessen. Die Entnahme der Blut- und Harnproben erfolgte mittwochs in der Zeit von 9:30 bis 12:00 Uhr. Die Entnahme der Pansensaftproben erfolgte donnerstags in der Zeit von 11:00 bis 13:00 Uhr, ca. vier bis sechs Stunden nach erstmaliger Futtervorlage.

Durch Punktion der Vena oder Arteria caudalis mediana wurden von allen sich im Versuch befindlichen Tieren jeweils 20 ml Blut in zwei Serumröhrchen der Firma Sarstedt aufgefangen. Diese Proben wurden nach Beendigung der Entnahme 10 min bei 3000 Umdrehungen in einer Tischzentrifuge der Firma Heraeus zentrifugiert. Das gewonnene Serum wurde auf drei 5 ml Serumröhrchen aufgeteilt, 1 Röhrchen mit 4 ml und zwei Röhrchen mit je 1 ml und dann bis zur Analyse bei - 20 °C eingefroren.

Die Gewinnung der Harnprobe erfolgte nach Reinigung der Scham und ihrer Umgebung mit Hilfe eines Uteruskatheters nach BRESLAU. Die Harnproben wurden in 100 ml Versandflaschen der Firma Sarstedt aufgefangen. Nach der Entnahme wurden die Proben sofort eingefroren und bis zur Analyse bei - 20°C gelagert.

Die Pansensaftprobe wurde mittels einer Pansensonde nach HAMBURGER entnommen. Es wurden ca. 35 ml Pansensaft gewonnen und in 100 ml Versandflaschen der Firma Sarstedt umgefüllt. Sie wurden nach der Entnahme sofort eingefroren und bis zur Analyse bei - 20°C gelagert.

Alle 14 Tage wurde eine Milchleistungsprüfung durchgeführt, der die Milchinhaltsstoffe und die ECM-Leistung entnommen wurden.

Die Probanden wurden zweimal täglich nach dem Verlassen des Melkkarussells gewogen. Aus den zwei Wägungen wurde das Gewicht ermittelt. Aus den Gewichten der einzelnen Tage wurde durch einfache Mittelwertbildung das wöchentliche Lebendgewicht errechnet.

Die Milchmenge wurde bei jedem Melken ermittelt. Aus diesen Werten wurde ebenfalls ein Wochenmittel erstellt.

Die Futteraufnahme wurde täglich über Einzelwiegetröge ermittelt und aus diesen Werten ein Wochenmittel errechnet.

Jede Woche wurde montags und freitags stellvertretend für die jeweilige Gruppe bei drei Kühen je Gruppe das Wiederkauverhalten ermittelt. In der Zeit von 12:00 bis 13:00 Uhr wurden bei drei aufeinander folgenden Wiederkauzyklen je Kuh die Kieferschläge gezählt und daraus ein Mittelwert gebildet.

Über den gesamten Versuchszeitraum wurden die Fruchtbarkeitskennzahlen (Anzahl der Besamungen, bestehende Trächtigkeit, Rastzeit und Zwischentragezeit) und etwaige Erkrankungen (Art und Häufigkeit) dokumentiert.

### **3.4 Probenanalyse**

#### **3.4.1 Blutuntersuchungen**

Zur Analyse der Blutparameter (Tab. 12) wurden je Kuh und Probenstag 4 ml des eingefrorenen Serums dem Veterinärmedizinischen Labor des Instituts für klinische Prüfung Ludwigsburg GmbH <sup>1)</sup> zugesandt.

Die Analyse der NEFA (non esterified fatty acids) erfolgte am Gerät Cobas Mira durch die kolorimetrischen Methode nach der Firma Randox im Labor der Kleintierklinik der Freien Universität Berlin.

Die Insulinmenge im Serum wurde im Labor der Physiologie der Freien Universität Berlin über ein Festphasen Radioimmunoassay mit Hilfe des Coat-a-count der Firma DPC bestimmt.

### 3.4 Probenanalyse

Tab.14: Serumparameter

Parameter	Analysemmethode
Calcium	Vet-Med-Lab <sup>1)</sup>
anorg. Phosphor	-“-
Magnesium	-“-
AST	-“-
CK	-“-
GLDH	-“-
β-Hydroxybutyrat	-“-
Gesamtbilirubin	-“-
Harnstoff	-“-
Cholesterin	-“-
NEFA	Kolorimetrische Methode, Randox
Insulin	Radioimmunoassay, Coat-a-count, DPC

<sup>1)</sup>Veterinärmedizinisches Labor des Instituts für klinische Prüfung Ludwigsburg GmbH, Division of IDEXX Laboratories, Mörikestr. 28/3, 71636 Ludwigsburg

#### 3.4.2 Harnuntersuchungen

Die Harnproben wurden bei Zimmertemperatur aufgetaut und gut durchmisch. Mit Hilfe des WTW pH-Meters der Firma Inolab wurde der pH-Wert bestimmt.

##### 3.4.2.1 Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

Die Bestimmung der fraktionierten NSBA, des Basengehaltes, des Säuregehaltes und der Ammoniumkonzentration erfolgte nach der Titrationsmethode von KUTAS (1965).

10 ml Harn werden mit 1N HCL bis zum Erreichen eines pH-Wertes von 3,5 titriert. Aus dem verbrauchten Volumen an HCl errechnet sich der Basengehalt:

$$\text{Basengehalt (mmol/l)} = V_{\text{HCl}} \times 100$$

Das Gemisch wird 30 s gekocht. Nach Abkühlung wird das Gemisch mit 0,1N NaOH bis zum Erreichen eines pH-Wertes von 7,4 titriert. Aus dem verbrauchten Volumen an NaOH errechnet sich der Säuregehalt:

$$\text{Säuregehalt (mmol/l)} = V_{\text{NaOH}} \times 10$$

Nun werden 10 ml einer 20% Formaldehydlösung zugefügt und das Gemisch erneut mit NaOH auf einen pH-Wert von 7,4 gebracht. Aus diesem Verbrauch der NaOH errechnet sich die Ammoniumkonzentration:

$$\text{NH}_4 \text{ (mmol/l)} = V_{\text{NaOH}_2} \times 10$$

Die fraktionierte NSBA errechnet sich nun wie folgt:

$$\text{NSBA (mmol/l)} = ((10 \times V_{\text{NaCl}} - (V_{\text{NaOH}_1} + V_{\text{NaOH}_2})) \times 10$$

Der Säuren-Basen-Quotient ergibt sich aus dem Basengehalt geteilt durch den Säuregehalt.

$$\text{BSQ} = \text{Basen/Säuren}$$

#### 3.4.2.2 Elektrolytbestimmungen

Der Harn wurde bei 3000 Umdrehungen/min 10 Minuten zentrifugiert.

Die Bestimmungen der Kalzium-, Magnesium-, Natrium- und Kaliumkonzentrationen im Harn erfolgte am Atomabsorptionsspektrophotometer PU 9200 der Firma Philips im Labor der Klauentierklinik der Freien Universität Berlin.

Die Kalzium- und Magnesiumkonzentration wurden nach dem Prinzip der Atomabsorptionsspektrophotometrie bestimmt. Hierzu wurden die Proben 1:40 mit 5%igem Schinkelpuffer der Firma Merck verdünnt.

Die Bestimmung der Natrium- und Kaliumkonzentration beruht auf dem Prinzip der Flammenphotometrie. Hierzu wurden die Proben 1:400 mit 5%igem Schinkelpuffer verdünnt.

Die Bestimmung der Chloridkonzentration wurde mit dem Chloridmeter 6610 der Firma Eppendorf durchgeführt. Mit Hilfe einer ionenselektiven Elektrode wurde die durch die anwesenden Chloridionen ausgelöste Spannungsänderung gemessen und in einer Konzentration angegeben. Die Proben wurden 1:50 mit einem Puffer verdünnt.

Die Bestimmung der anorganischen Phosphatkonzentration erfolgte photometrisch mit Hilfe des Cobas Mira plus der Firma Roche. Anorganisches Phosphat bildet in schwefelsaurer

## 3.4 Probenanalyse

Lösung eines Ammonium-Phosphomolybdat-Komplexes, der bei einer Wellenlänge von 340 nm gemessen werden kann.

### 3.4.3 Pansensaftuntersuchung

Die Untersuchung des Pansensaftes wurde im Labor des Instituts für Tierernährung der Freien Universität Berlin durchgeführt.

Die Bestimmung der Gesamtfettsäurenkonzentration und des Fettsäurenmusters erfolgte am Gaschromatographen Agilent Technologies 6890 N.

Die Proben wurden zunächst bei Raumtemperatur aufgetaut. Der pH-Wert wurde mit Hilfe des 765 Calimatic pH-Meters der Firma Knick gemessen.

Dann wurden die Proben in der Heraeus Multifuge® 3S-R der Firma Kendro bei 3000 Umdrehungen/min 10 min zentrifugiert. Danach wurden sie in der Tischzentrifuge 5415 C der Firma Eppendorf bei 15000 Umdrehungen/min 6 min lang zentrifugiert.

25 µl Pansensaft wurden mit 975 µl eines 0,5 molaren Standards versetzt. Der Standard wurde aus 250 µl Hexansäure, 200 ml H<sub>2</sub>O und 2 g Oxalsäure-Dihydrat hergestellt. Von dieser Stammlösung wurden 50 ml mit 950 ml H<sub>2</sub>O versetzt. Um eine weitere Beeinflussung durch die Pansenbakterien zu vermeiden, wurden noch 2,5 g Natrium-Azid zugegeben.

Mit dem 6890 N Gaschromatographen der Firma Agilent Technologies wurden die Gesamtfettsäurenkonzentration und das Fettsäurenmuster der mit dem Standard versehenen Proben ermittelt. Die Probe wurde mit Hilfe des Trägergases Wasserstoff durch die Kapillarsäule Innovax 30 m x 530 µm x 0,1 µm in die Flamme transportiert und dort thermisch ionisiert. Die freiwerdenden Elektronen werden aufgefangen und durch ein angeschlossenes Datensystem als Peak dargestellt. Die Konzentrationen werden durch den Vergleich der Flächen unter den Peaks und der Fläche unter dem Peak des Standards errechnet.

### 3.5 Statistische Auswertung

Die Erfassung und statistische Auswertung der erhobenen Harn-, Blut- und Pansensaftergebnisse und der Milchleistungsprüfungs-Daten erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS Version, 12.0. Das Signifikanzniveau wurde auf  $\alpha=5\%$  ( $p=0,05$ ) eingestellt.

Die Daten wurden mit der Varianzanalyse Mixed Model mit Messwertwiederholung nach der Gleichung:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + W_j + G_iW_j + e_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  ist ein erhobener Messwert,  $\mu$  der Gesamtmittelwert,

$G_i$  der Effekt der Fütterung,

$W_j$  der Effekt der Untersuchungswoche,

$G_iW_j$  die Wechselwirkung zwischen Fütterungsgruppe und Untersuchungswoche,

$e_{ijk}$  die zufällige Restvariation

ausgewertet. Die Fütterungsgruppe (kurz- oder langgehäckselte Maissilage, Gruppe kurz oder lang) und die Untersuchungswoche (1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 20) sowie deren Wechselwirkung gehen als fixe Faktoren in das Modell ein. Diese Modellierung ermöglicht, bei fehlender Wechselwirkung den im Mittelpunkt des Interesses stehenden Einfluss der Häcksellänge durch alleinigen Vergleich des kalkulierten Gruppenmittelwertes über den gesamten Untersuchungszeitraum einzuschätzen. Zur Verdeutlichung der zeitlichen Dynamik wurden für ausgewählte Untersuchungsgrößen die Gruppenmittelwerte für die Untersuchungswochen einzeln aufgelistet.

Die Auswertung der Fruchtbarkeitsdaten und der Krankheitshäufigkeiten erfolgte über einen quantitativen t-Test nach Prüfung der Normalverteilung mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Test.

## 4. Ergebnisse

In den folgenden Tabellen sind jeweils die Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte für die Gesamtstichprobe in den Tabellen als A, Teilstichprobe 1 als B und Teilstichprobe 2 als C aufgeführt.

Das Signifikanzniveau ist bei  $p = 0,05$  festgelegt.

Bei ausbleibenden Signifikanzen für den Faktor Wechselwirkung kann davon ausgegangen werden, dass die Unterschiede in den Untersuchungsgrößen nur durch die Fütterung oder die Zeit (Versuchswoche) beeinflusst werden.

### 4.1 Futteraufnahme

Bei Betrachtung der Futteraufnahme (Tab. 15) zeigt sich sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Fütterungsgruppen.

Tab. 15: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte für die Futteraufnahme in kg der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	20,3 ±0,3	18,7 ±0,4	22,0 ±0,4	p= 0,88	p= 0,623	p= 0,558	p= 0,982	p= 0,892	p= 0,986
lang	20,2 ±0,3	19,0 ±0,4	21,7 ±0,4						

Beim Vergleich der Mittelwerte der einzelnen Versuchswochen (Tab.16) zeigt sich ein signifikanter Anstieg der Futteraufnahme in der Gesamtstichprobe (A) und in Teilstichprobe 1 (B).

Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Fütterungsgruppen, aber es zeigt sich eine Tendenz, dass sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in der Teilstichprobe 2 (C) die Gruppe lang in den ersten 4 Wochen eine niedrigere Futteraufnahme aufweist.



Tab. 16: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte für die Futteraufnahme in kg der einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	17,7 ±1,2	18,3 ±1,0	19,6 ±1,0	19,2 ±0,9	21,1 ±0,7	21,0 ±0,6	22,3 ±0,6	22,8 ±0,7	p= 0,88	p= 0,000	p= 0,982
	lang	16,4 ±1,2	18,2 ±1,0	19,0 ±1,0	20,0 ±0,9	21,4 ±0,7	21,1 ±0,6	22,2 ±0,6	23,3 ±0,7			
B	kurz	14,6 ±1,3	15,6 ±1,1	16,4 ±1,0	16,7 ±1,1	21,4 ±1,1	20,9 ±0,9	21,7 ±1,3	22,6 ±1,7	p= 0,623	p= 0,000	p= 0,892
	lang	12,8 ±1,3	15,1 ±1,1	17,2 ±1,0	18,5 ±1,1	21,5 ±1,1	21,0 ±0,9	21,3 ±1,2	23,9 ±1,6			
C	kurz	21,3 ±1,4	21,4 ±1,3	23,3 ±1,4	22,2 ±1,2	20,9 ±1,0	21,2 ±0,9	22,6 ±0,6	22,9 ±0,8	p= 0,558	p= 0,191	p= 0,986
	lang	20,5 ±1,4	20,9 ±1,3	21,4 ±1,4	22,0 ±1,2	21,4 ±1,0	21,3 ±0,9	22,8 ±0,6	22,9 ±0,8			

## 4.2 Lebendgewicht und Rückenfettdicke

In Tabelle 17 sind die Werte für Lebendmasse und Rückenfettdicke aufgezeigt. Es zeigt sich, dass sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in beiden Teilstichproben im Lebendgewicht keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen bestehen. Bei Betrachtung der Rückenfettdicke weisen sowohl die Gesamtheit (A) als auch beide Teilstichproben signifikante Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen auf.

Tab. 17: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte für die Lebendmasse in kg und die Rückenfettdicke in mm der beiden Fütterungsgruppen

Parameter	Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
					Gruppe			Wechselwirkung		
					A	B	C	A	B	C
Lebendgewicht in kg	kurz	696 ±0,6	698 ±8,2	696 ±7,6	p= 0,280	p= 0,055	p= 0,237	p= 0,957	p= 0,940	p= 0,969
	lang	714 ±0,6	720 ±7,7	709 ±7,7						
Rückenfettdicke in mm	kurz	8,6 ±0,3	9,3 ±0,4	7,6 ±0,4	p= 0,000	p= 0,000	p= 0,000	p= 0,61	p= 0,792	p= 0,581
	lang	10,9 ±0,3	12,0 ±0,4	9,7 ±0,4						

Bei Betrachtung der Mittelwerte in der ersten Versuchswoche (Tab. 18) wird deutlich, dass die Tiere der Fütterungsgruppe lang mit einem wesentlich höheren Lebendgewicht in den Versuch starten, als die Tiere der Fütterungsgruppe kurz und dadurch der Unterschied

## 4.2 Lebeendgewicht und Rückenfettdicke

entsteht. Der Verlauf der Rückenfettdicke zeigt, dass die Unterschiede von Woche zu Woche signifikant sind. Die Abnahmen liegen in der Gesamtheit (A) für Gruppe kurz bei -5,4 mm, für Gruppe lang bei -7,1 mm, in Teilstichprobe 1 (B) für Gruppe kurz bei -6,9 mm, für Gruppe lang bei -7,5 mm, in Teilstichprobe 2 (C) für Gruppe kurz bei -3,3 mm, für Gruppe lang bei -6,2 mm.

Tab. 18: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte für das Lebeendgewicht und die Rückenfettdicke der einzelnen Versuchswochen

Parameter	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz			
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW	
Lebeendgewicht in kg	A	kurz	694 ±14	685 ±14	680 ±13	676 ±13	671 ±15	694 ±13	720 ±16	743 ±19	p= 0,280	p= 0,000	p= 0,957
		lang	707 ±14	712 ±14	706 ±13	707 ±13	706 ±15	717 ±13	719 ±16	734 ±19			
	B	kurz	699 ±18	686 ±20	675 ±18	666 ±18	682 ±22	682 ±17	725 ±29	765 ±38	p= 0,055	p= 0,308	p= 0,940
		lang	711 ±18	717 ±19	706 ±17	707 ±17	714 ±20	724 ±16	729 ±26	749 ±34			
	C	kurz	689 ±22	686 ±21	687 ±21	689 ±21	659 ±22	709 ±22	717 ±21	735 ±22	p= 0,237	p= 0,454	p= 0,969
		lang	704 ±22	707 ±21	706 ±21	708 ±21	698 ±22	709 ±22	713 ±22	727 ±23			
Rückenfettdicke in mm	A	kurz	12,0 ±1,1	10,7 ±0,8	9,2 ±0,7	7,7 ±0,6	6,6 ±0,5	6,7 ±0,6	7,1 ±0,7	8,7 ±1,0	p= 0,000	p= 0,000	p= 0,061
		lang	15,3 ±1,1	13,3 ±0,8	11,9 ±0,7	11,1 ±0,6	8,9 ±0,5	8,7 ±0,6	8,2 ±0,7	9,5 ±1,0			
	B	kurz	14,4 ±1,3	12,1 ±1,0	10,3 ±0,9	8,0 ±0,8	7,2 ±0,7	7,0 ±0,8	7,5 ±1,0	8,3 ±1,9	p= 0,000	p= 0,000	p= 0,792
		lang	16,2 ±1,4	14,3 ±1,0	13,2 ±0,9	12,1 ±0,7	9,7 ±0,6	9,4 ±0,8	8,7 ±0,9	12,4 ±1,7			
	C	kurz	9,3 ±1,6	8,7 ±1,2	7,8 ±1,0	7,3 ±0,9	6,0 ±0,7	6,4 ±0,9	6,9 ±0,9	8,8 ±1,1	p= 0,000	p= 0,004	p= 0,581
		lang	14,0 ±1,6	11,9 ±1,2	10,0 ±1,0	9,7 ±0,9	8,0 ±0,7	7,8 ±0,9	7,9 ±0,9	8,2 ±1,1			

### 4.3 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

In den Tabellen 19 und 20 sind die Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte für die Milchleistung und für die Milchinhaltsstoffe dargestellt.

Nur die ECM-Leistung in Teilstichprobe 2 (C) weist einen signifikanten Unterschied zwischen den Fütterungsgruppen auf (Tab. 19). Die Gruppe lang weist eine um 2,9 kg höhere ECM-Leistung auf als Gruppe kurz. In der Gesamtstichprobe und in Teilstichprobe 1 (B) bestehen keine signifikanten Unterschiede. Die Milchleistung zeigt weder in der Gesamtstichprobe (A) noch in den beiden Teilstichproben (B und C) signifikante Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen.

Tab. 19: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Milchleistung der beiden Fütterungsgruppen

Parameter	Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
					Gruppe			Wechselwirkung		
					A	B	C	A	B	C
Milchleistung in kg	kurz	35,9 ±0,65	35,7 ±0,92	37,5 ±0,74	p= 0,998	p= 0,148	p= 0,497	p= 0,966	p= 0,492	p= 0,614
	lang	35,9 ±0,64	33,9 ±0,87	38,2 ±0,74						
ECM-Leistung in kg	kurz	33,8 ±0,55	33,8 ±0,57	34,7 ±0,61	p= 0,068	p= 0,712	p= 0,004	p= 0,803	p= 0,608	p= 0,671
	lang	35,2 ±0,54	33,3 ±0,49	37,3 ±0,61						

Der Verlauf der Milchmenge in Kilogramm (Tab. 20) zeigt sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) einen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Versuchswochen.

Der Verlauf der ECM-Leistung zeigt nur in der Gesamtstichprobe (A) und in der Teilstichprobe 2 (C) einen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Versuchswochen.

### 4.3 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

Tab. 20: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Milchleistung der einzelnen Versuchswochen

Parameter	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz			
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW	
Milchmenge in kg	A	kurz	35,8 ±1,9	36,2 ±1,8	36,9 ±1,9	36,6 ±1,8	36,9 ±1,3	37,5 ±1,3	35,1 ±1,3	33,2 ±1,5	p= 0,998	p= 0,015	p= 0,966
		lang	34,9 ±1,9	36,5 ±1,9	37,8 ±1,9	37,9 ±1,5	38,3 ±1,3	37,0 ±1,3	34,6 ±1,5	32,8 ±1,5			
	B	kurz	30,4 ±2,0	30,2 ±1,8	31,9 ±2,4	36,6 ±1,8	38,7 ±2,2	37,7 ±1,9	39,3 ±2,5	36,4 ±2,4	p= 0,148	p= 0,004	p= 0,492
		lang	29,9 ±2,1	33,5 ±1,9	34,1 ±2,4	37,9 ±1,5	38,3 ±2,0	36,0 ±1,8	35,2 ±2,3	29,7 ±2,2			
	C	kurz	43,6± 2,1	43,2± 1,8	44,0 ±1,8	39,6 ±1,8	35,1 ±1,3	37,4 ±1,8	32,7 ±1,9	32,0 ±1,8	p= 0,497	p= 0,000	p= 0,614
		lang	41,2 ±2,1	43,5 ±1,9	43,0 ±1,8	39,9 ±1,5	38,2 ±1,3	38,1 ±1,8	34,2 ±1,9	34,4 ±1,9			
ECM-Leistung in kg	A	kurz	35,5 ±1,6	34,7 ±1,6	34,5 ±1,5	33,8 ±1,4	33,0 ±1,1	35,5 ±1,1	32,8 ±1,2	31,7 ±1,4	p= 0,068	p= 0,017	p= 0,803
		lang	36,3 ±1,6	36,8 ±1,6	37,1 ±1,5	37,8 ±1,4	36,2 ±1,1	36,0 ±1,1	33,8 ±1,1	32,2 ±1,4			
	B	kurz	32,8 ±2,2	31,4 ±2,1	34,5 ±1,5	33,8 ±1,4	34,6 ±2,0	34,8 ±1,6	35,3 ±1,8	34,0 ±2,3	p= 0,712	p= 0,367	p= 0,608
		lang	32,0 ±2,3	36,8 ±1,6	34,0 ±2,1	37,8 ±1,4	36,0 ±1,8	35,2 ±1,5	33,5 ±1,7	29,6 ±2,0			
	C	kurz	39,5 ±1,5	38,8 ±1,6	38,9 ±1,7	35,5 ±1,4	31,4 ±1,1	36,2 ±1,4	31,4 ±1,5	30,9 ±1,6	p= 0,004	p= 0,000	p= 0,671
		lang	41,6 ±1,4	41,4 ±1,7	41,4 ±1,7	39,2 ±1,5	36,5 ±1,1	37,0 ±1,4	33,9 ±1,5	33,5 ±1,7			

In der Gesamtstichprobe (A) und in Teilstichprobe 2 (C) zeigen sich im Fettgehalt in Kilogramm, im prozentualen Fettgehalt und im Fett/Eiweiß-Quotient signifikante Unterschiede (Tab. 21). Die Fütterungsgruppe lang weist bei den genannten Untersuchungsgrößen höhere Werte auf als Fütterungsgruppe kurz.

In Teilstichprobe 1 (B) bestehen signifikante Unterschiede in den Untersuchungsgrößen prozentualer Milcheiweißgehalt, Zellgehalt und Harnstoffgehalt zwischen den beiden Fütterungsgruppen. In allen genannten Untersuchungsgrößen weist die Gruppe lang höhere Werte auf als die Gruppe kurz.

### 4.3 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

Tab.21: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte für die Milchinhaltsstoffe der beiden Fütterungsgruppen

Parameter	Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
					Gruppe			Wechselwirkung		
					A	B	C	A	B	C
Milchfett- gehalt in kg	kurz	1,29 ±0,03	1,29 ±0,04	1,30 ±0,03	p= 0,002	p= 0,624	p= 0,000	p= 0,709	p= 0,738	p= 0,444
	lang	1,40 ±0,02	1,32 ±0,04	1,49 ±0,03						
Milchfett- gehalt in %	kurz	3,70 ±0,07	3,74 ±0,08	3,55 ±0,10	p= 0,007	p= 0,114	p= 0,004	p= 0,877	p= 0,636	p= 0,321
	lang	3,96 ±0,07	3,93 ±0,08	3,98 ±0,10						
Milch- eiweiß- gehalt in kg	kurz	1,16 ±0,02	1,16 ±0,03	1,19 ±0,02	p= 0,47	p= 0,657	p= 0,454	p= 0,889	p= 0,514	p= 0,784
	lang	1,18 ±0,02	1,14 ±0,02	1,22 ±0,02						
Milch- eiweiß- gehalt in %	kurz	3,26 ±0,02	3,25 ±0,04	3,22 ±0,03	p= 0,089	p= 0,01	p= 0,823	p= 0,862	p= 0,986	p= 0,809
	lang	3,31 ±0,02	3,4 ±0,02	3,21 ±0,03						
Fett/ Eiweiß- Quotient	kurz	1,14 ±0,02	1,15 ±0,03	1,11 ±0,03	p= 0,028	p= 0,866	p= 0,002	p= 0,826	p= 0,478	p= 0,291
	lang	1,20 ±0,02	1,16 ±0,03	1,25 ±0,03						
Zell- gehalt in tsd	kurz	263 ±67	154 ±94	330 ±85	p= 0,081	p= 0,043	p= 0,489	p= 0,053	p= 0,257	p= 0,24
	lang	428 ±66	426 ±93	414 ±85						
Harn- stoff- gehalt in ppm	kurz	242 ±4	233 ±6	258 5	p= 0,039	p= 0,025	p= 0,563	p= 0,396	p= 0,376	p= 0,079
	lang	254 ±4	253 ±6	262 ±5						
Laktose- gehalt in %	kurz	4,67 ±0,02	4,73 ±0,02	4,63 ±0,03	p= 0,094	p= 0,407	p= 0,230	p= 0,92	p= 0,874	p= 0,198
	lang	4,71 ±0,02	4,75 ±0,02	4,67 ±0,03						

Bei Betrachtung des Verlaufs der Milchinhaltsstoffe (Tab. 22) zeigen sich in allen Untersuchungsgrößen außer im Milcheiweißgehalt in Kilogramm und im Zellgehalt in der Gesamtstichprobe (A) signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchswochen.

### 4.3 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

Tab.22: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Milchinhaltsstoffe der einzelnen Versuchswochen

Parameter	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz			
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW	
Milchfettgehalt in %	A	kurz	4,23 ±0,24	4,05 ±0,21	3,85 ±0,18	3,64 ±0,12	3,28 ±0,1	3,68 ±0,15	3,47 ±0,16	3,65 ±0,16	p= 0,007	p= 0,000	p= 0,877
		lang	4,61 ±0,24	4,43 ±0,23	4,05 ±0,18	4,01 ±0,12	3,67 ±0,1	3,84 ±0,14	3,85 ±0,15	3,76 ±0,16			
	B	kurz	4,79 ±0,28	4,05 ±0,21	4,27 ±0,24	3,64 ±0,12	3,28 ±0,14	3,46 ±0,14	3,21 ±0,19	3,43 ±0,21	p= 0,114	p= 0,000	p= 0,636
		lang	4,6 ±0,28	4,43 ±0,23	4,13 ±0,24	4,01 ±0,12	3,56 ±0,13	3,82 ±0,13	3,6 ±0,17	3,84 ±0,19			
	C	kurz	3,5 ±0,38	3,34 ±0,31	3,25 ±0,22	3,29 ±0,16	3,28 ±0,15	3,93 ±0,28	3,64 ±0,22	3,74 ±0,22	p= 0,004	p= 0,316	p= 0,321
		lang	4,6 ±0,38	4,32 ±0,29	3,93 ±0,22	3,93 ±0,22	3,8 ±0,15	3,86 ±0,28	4,00 ±0,22	3,72 ±0,23			
Milchfettgehalt in kg	A	kurz	1,46 ±0,08	1,39 ±0,07	1,35 ±0,07	1,27 ±0,06	1,2 ±0,05	1,34 ±0,05	1,2 ±0,05	1,19 ±0,06	p= 0,002	p= 0,00	p= 0,709
		lang	1,54 ±0,08	1,49 ±0,07	1,51 ±0,07	1,55 ±0,06	1,41 ±0,05	1,41 ±0,05	1,3 ±0,05	1,23 ±0,06			
	B	kurz	1,43 ±0,12	1,39 ±0,07	1,29 ±0,09	1,27 ±0,06	1,26 ±0,08	1,28 ±0,07	1,25 ±0,07	1,24 ±0,09	p= 0,624	p= 0,317	p= 0,738
		lang	1,37 ±0,12	1,49 ±0,07	1,39 ±0,09	1,55 ±0,06	1,37 ±0,08	1,38 ±0,06	1,25 ±0,06	1,14 ±0,08			
	C	kurz	1,5 ±0,07	1,41 ±0,1	1,42 ±0,1	1,27 ±0,06	1,15 ±0,06	1,42 ±0,08	1,18 ±0,06	1,17 ±0,07	p= 0,000	p= 0,000	p= 0,444
		lang	1,76 ±0,07	1,69 ±0,09	1,67 ±0,1	1,55 ±0,06	1,44 ±0,06	1,46 ±0,08	1,34 ±0,06	1,28 ±0,08			
Milcheiweißgehalt in %	A	kurz	3,18 ±0,07	3,12 ±0,06	3,03 ±0,04	3,09 ±0,05	3,11 ±0,05	3,29 ±0,05	3,43 ±0,05	3,53 ±0,06	p= 0,089	p= 0,000	p= 0,862
		lang	3,31 ±0,07	3,20 ±0,06	3,14 ±0,04	3,11 ±0,05	3,16 ±0,05	3,32 ±0,05	3,44 ±0,06	3,53 ±0,06			
	B	kurz	3,37 ±0,09	3,12 ±0,06	3,06 ±0,06	3,09 ±0,05	3,12 ±0,06	3,3 ±0,07	3,3 ±0,11	3,44 ±0,13	p= 0,01	p= 0,001	p= 0,986
		lang	3,51 ±0,08	3,23 ±0,06	3,23 ±0,06	3,11 ±0,05	3,24 ±0,06	3,38 ±0,06	3,44 ±0,1	3,6 ±0,12			
	C	kurz	2,93 ±0,07	2,95 ±0,05	2,99 ±0,05	3,09 ±0,05	3,08 ±0,07	3,28 ±0,07	3,50 ±0,08	3,53 ±0,07	p= 0,823	p= 0,000	p= 0,809
		lang	3,04 ±0,07	3,02 ±0,6	3,00 ±0,05	3,06 ±0,07	3,07 ±0,07	3,21 ±0,07	3,44 ±0,08	3,50 ±0,07			

Tab. 22: Fortsetzung

Parameter	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz			
		1	2				1	2			1		
Milcheiweißgehalt in kg	A	kurz	1,12 ±0,05	1,13 ±0,04	1,11 ±0,05	1,12 ±0,07	1,14 ±0,04	1,23 ±0,04	1,19 ±0,05	1,15 ±0,05	p= 0,470	p= 0,296	p= 0,889
		lang	1,13 ±0,05	1,14 ±0,03	1,17 ±0,05	1,18 ±0,05	1,20 ±0,04	1,22 ±0,04	1,18 ±0,04	1,86 ±0,05			
	B	kurz	1,02 ±0,06	0,97 ±0,07	1,2 ±0,06	1,23 ±0,05	1,2 ±0,06	1,23 ±0,05	1,29 ±0,07	1,25 ±0,09	p= 0,257	p= 0,003	p= 0,514
		lang	1,03 ±0,07	1,1 ±0,07	1,1 ±0,06	1,18 ±0,05	1,23 ±0,05	1,21 ±0,05	1,2 ±0,06	1,08 ±0,08			
	C	kurz	1,27 ±0,07	1,29 ±0,07	1,32 ±0,06	1,23 ±0,06	1,08 ±0,04	1,23 ±0,06	1,14 ±0,06	1,12 ±0,06	p= 0,454	p= 0,013	p= 0,784
		lang	1,24 ±0,07	1,25 ±0,07	1,29 ±0,06	1,21 ±0,05	1,17 ±0,04	1,22 ±0,06	1,17 ±0,06	1,2 ±0,06			
Fett/Eiweiß-Quotient	A	kurz	1,3 ±0,07	1,3 ±0,06	1,3 ±0,06	1,2 ±0,05	1,1 ±0,04	1,1 ±0,04	1,0 ±0,04	1,0 ±0,04	p= 0,028	p= 0,000	p= 0,828
		lang	1,4 ±0,07	1,4 ±0,06	1,3 ±0,06	1,3 ±0,06	1,2 ±0,04	1,2 ±0,04	1,1 ±0,04	1,1 ±0,04			
	B	kurz	1,4 ±0,08	1,3 ±0,06	1,4 ±0,09	1,2 ±0,05	1,1 ±0,04	1,1 ±0,04	1,0± 0,05	1,0± 0,06	p= 0,866	p= 0,000	p= 0,478
		lang	1,3 ±0,09	1,3 ±0,09	1,1 ±0,04	1,3 ±0,06	1,1 ±0,04	1,1 ±0,03	1,1 ±0,05	1,1 ±0,05			
	C	kurz	1,2 ±0,11	1,2 ±0,09	1,1 ±0,08	1,1 ±0,05	1,1 ±0,06	1,2 ±0,08	1,0 ±0,05	1,1± 0,05	p= 0,002	p= 0,01	p= 0,291
		lang	1,5 ±0,11	1,4 ±0,10	1,3 ±0,08	1,3 ±0,09	1,3 ±0,06	1,2 ±0,08	1,2 ±0,05	1,1 ±0,05			
Laktosegehalt in %	A	kurz	4,6 ±0,06	4,7 ±0,06	4,7 ±0,04	4,7 ±0,03	4,7 ±0,03	4,7 ±0,03	4,7 ±0,05	4,5 ±0,06	p= 0,094	p= 0,006	p= 0,92
		lang	4,7 ±0,06	4,7 ±0,04	4,7 ±0,04	4,8 ±0,05	4,8 ±0,03	4,8 ±0,03	4,7 ±0,05	4,6 ±0,06			
	B	kurz	4,6 ±0,06	4,7 ±0,06	4,8 ±0,04	4,7 ±0,06	4,8 ±0,04	4,8 ±0,03	4,7 ±0,05	4,6 ±0,08	p= 0,407	p= 0,016	p= 0,874
		lang	4,7 ±0,06	4,7 ±0,04	4,8 ±0,06	4,8± 0,05	4,8 ±0,04	4,8 ±0,03	4,7 ±0,05	4,6 ±0,07			
	C	kurz	4,6 ±0,06	4,7 ±0,06	4,8 ±0,04	4,7 ±0,06	4,6 ±0,05	4,6 ±0,05	4,6 ±0,07	4,5 ±0,07	p= 0,407	p= 0,016	p= 0,874
		lang	4,7 ±0,06	4,7 ±0,04	4,7 ±0,04	4,8 ±0,05	4,7 ±0,05	4,7 ±0,05	4,6 ±0,07	4,6 ±0,07			

#### 4.4 Wiederkauverhalten

Tab. 22: Fortsetzung

Parameter	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz			
		1	2				1	2			1		
Zellgehalt in tausend	A	kurz	213 ±199	220 ±185	103 ±241	347 ±127	312 ±180	315 ±82	212 ±108	417 ±103	p= 0,081	p= 0,692	p= 0,053
		lang	765 ±203	734 ±186	665 ±241	523 ±191	451 ±173	209 ±80	321 ±105	155 ±103			
	B	kurz	148 ±279	127 ±374	127 ±374	347 ±127	218 ±304	274 ±85	80 ±45	83 ±36	p= 0,043	p= 0,124	p= 0,154
		lang	893 ±287	734 ±186	655 ±374	523 ±191	538 ±281	161 ±82	185 ±42	125 ±32			
	C	kurz	308 ±288	127 ±374	68 ±264	347 ±127	404 ±199	363 ±151	297 ±166	538 ±136	p= 0,489	p= 0,995	p= 0,240
		lang	604 ±288	734 ±186	678 ±263	523 ±191	350 ±199	271 ±151	408 ±166	170 ±142			
Harnstoffgehalt in ppm	A	kurz	215 ±12,2	221 ±10,1	227 ±9,8	234 ±14,3	244 ±10,7	265 ±7,2	236 ±13,8	262 ±8,2	p= 0,039	p= 0,000	p= 0,396
		lang	205 ±12,7	223± 9,6	230 ±9,8	254 ±11,1	264 ±10,2	284 ±7,0	249 ±13,4	294 ±8,2			
	B	kurz	180 ±15,6	201 ±10,1	208 ±11,5	206 ±14,3	204 ±12,2	256 ±9,8	263 ±24,8	287 ±13,4	p= 0,025	p= 0,000	p= 0,376
		lang	183 ±15,1	190 ±12,3	205 ±11,5	223 ±8,7	251 ±11,3	274 ±8,7	304 ±22,9	299 ±12,1			
	C	kurz	262 ±15,3	259 ±14,1	255 ±12,9	206 ±14,3	283 ±13,1	276 ±10,8	221 ±10,3	253 ±9,6	p= 0,563	p= 0,000	p= 0,079
		lang	229 ±15,3	248 ±14,1	266 ±12,9	223 ±8,7	279 ±13,1	206 ±10,8	213± 10,3	292 ±10,1			

#### 4.4 Wiederkauverhalten

Das durch Zählen der Kauschläge pro Bissen ermittelte Wiederkauverhalten zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen (Tab. 23).

Die Mittelwerte befinden sich im Referenzbereich (mehr als 65 Schläge pro Wiederkauzyklus).

Tab. 23 Gesamtmittelwert, Standardabweichung und Signifikanzwerte des Wiederkauverhaltens der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	Mittelwert	Signifikanz
kurz	66,1±11,1	p= 0,651
lang	65,5±8,9	



## 4.5 Harnanalytik

### 4.5.1 Harn-pH-Wert

Die Fütterungsgruppe lang weist in der Gesamtheit (A) und in Teilstichprobe 1 (B) signifikant höhere Werte auf als Fütterungsgruppe kurz (Tab. 24). Die pH-Werte befinden sich jedoch in beiden Fällen sowohl für Gruppe kurz als auch für Gruppe lang im Referenzbereich von 7,8 – 8,4.

In Teilstichprobe 2 (C) bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen.

Tab. 24: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte des Harn-pH-Wertes der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	8,06 ±0,28	8,02 ±0,04	8,14 ±0,03	p= 0,003	p= 0,004	p= 0,434	p= 0,935	p= 0,459	p= 0,348
lang	8,18 ±0,28	8,18 ±0,04	8,18 ±0,03						

Referenzbereich: 7,8-8,4

Bei Betrachtung des Verlaufs der pH-Werte (Tab. 25) fällt auf, dass die pH-Werte der Gesamtstichprobe (A) und der Teilstichprobe 1 (B) bis zur 4. Versuchswoche stetig ansteigen. Dann zeigen sie einen Abfall. An den letzten vier Proben Tagen zeigt die Gruppe lang sowohl in der Gesamtstichprobe als auch in Teilstichprobe 1 einen relativ stabilen Wert, wogegen die Gruppe kurz Schwankungen aufweist.

## 4.5 Harnanalytik

Tab. 25: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte des Harn-pH-Wertes der einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	7,99 ±0,11	8,00 ±0,98	8,16 ±0,07	8,22 ±0,05	8,09 ±0,07	8,01 ±0,06	8,09 ±0,06	7,89 ±0,10	p= 0,003	p= 0,001	p= 0,935
	lang	8,02 ±0,11	8,25 ±0,10	8,31 ±0,07	8,33 ±0,05	8,15 ±0,07	8,14 ±0,06	8,15 ±0,59	8,07 ±0,10			
B	kurz	7,8 ±0,16	7,85 ±0,14	7,98 ±0,1	8,27 ±0,07	8,02 ±0,13	8,03 ±0,1	8,14 ±0,08	8,03 ±0,1	p= 0,004	p= 0,022	p= 0,459
	lang	7,93 ±0,16	8,27 ±0,15	8,32 ±0,1	8,34 ±0,07	8,14 ±0,12	8,18 ±0,1	8,1 ±0,08	8,17 ±0,08			
C	kurz	8,29 ±0,11	8,24 ±0,11	8,41 ±0,06	8,15 ±0,07	8,16 ±0,06	7,99 ±0,07	8,07 ±0,09	7,84 ±0,14	p= 0,434	p= 0,001	p= 0,348
	lang	8,14 ±0,11	8,23 ±0,11	8,29 ±0,06	8,31 ±0,07	8,16 ±0,06	8,1 ±0,07	8,18 ±0,09	8,03 ±0,14			

Referenzbereich: 7,8-8,4

### 4.5.2 Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung

Die Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA) weist in der Gesamtstichprobe (A) einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Fütterungsgruppen auf (Tab. 26). Die Gruppe kurz weist einen signifikant niedrigeren Mittelwert auf. Es ist auch erkennbar, dass sich die Mittelwerte der Gruppe kurz sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B, C) geringfügig unterhalb des Referenzbereiches befinden.

Tab. 26: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der NSBA der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	101 ±4,8	103 ±7,3	105 ±6,6	p= 0,021	p= 0,092	p= 0,291	p= 0,981	p= 0,973	p= 0,472
lang	117 ±4,8	120 ±6,9	115 ±6,6						

Referenzbereich: 107-193 mmol/l

Wenn man sich den zeitlichen Verlauf der NSBA (Tab. 27) betrachtet, fällt auf, dass sich in der Gesamtstichprobe (A) und der Teilstichprobe 1 (B) beide Fütterungsgruppen zunächst unterhalb des Referenzbereiches, also im sauren Bereich, befinden. Ab der 3. Woche rangieren die Werte dann innerhalb des Referenzbereiches, wobei sie am letzten Probenstag wieder darunter liegen.

In Teilstichprobe 2 (C) sieht man, dass die Gruppe lang anfänglich niedrigere Werte aufweist und sich im sauren Bereich befindet. Die Werte dieser Gruppe liegen ab der 3. Versuchswoche innerhalb des Referenzbereiches, fallen aber in der letzten Woche wieder aus dem Referenzbereich. Die Gruppe kurz weist von der 3. auf die 4. Versuchswoche einen starken Abfall und von der 4. auf die 8. Versuchswoche wieder einen Anstieg auf.

Tab. 27: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der NSBA der einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	75 ±16	83 ±12	117 ±13	95 ±11	114 ±12	127 ±15	118 ±15	76 ±15	p= 0,021	p= 0,000	p= 0,918
	lang	73 ±16	99 ±12	119 ±13	122 ±11	135 ±12	153 ±14	125 ±15	103 ±14			
B	kurz	49 ±21	71 ±15	106 ±18	112 ±16	100 ±17	135 ±22	138 ±30	109 ±23	p= 0,092	p= 0,010	p= 0,973
	lang	64 ±21	108 ±15	126 ±18	125 ±15	127 ±15	156 ±21	123 ±28	129 ±20			
C	kurz	118 ±21	100 ±18	133 ±22	74 ±15	128 ±19	117 ±20	108 ±18	66 ±18	p= 0,291	p= 0,045	p= 0,472
	lang	88 ±21	100 ±18	109 ±22	117 ±15	144 ±19	148 ±20	125 ±18	92 ±18			

Referenzbereich: 107-193 mmol/l

### 4.5.3 Basengehalt

Der Gehalt an titrierbaren Basen zeigt weder in der Gesamtstichprobe (A) noch in den Teilstichproben (B und C) signifikante Unterschiede zwischen den zwei Fütterungsgruppen (Tab. 28).

## 4.5 Harnanalytik

Tab. 28: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte des Basengehaltes im Harn der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	182 ±4,75	186 ±6,7	185 ±6,7	p= 0,689	p= 0,650	p= 0,833	p= 0,62	p= 0,844	p= 0,646
lang	185 ±4,68	190 ±6,4	183 ±6,7						

Referenzbereich 150–250 mml/l

Im Verlauf zeigt der Basengehalt der Gesamtstichprobe (A) und der Teilstichprobe 1 (B) einen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Versuchswochen (Tab. 29).

Tab. 29: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte des Basengehaltes im Harn der einzelnen Versuchswochen der beiden Fütterungsgruppen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	175 ±13	159 ±11	202 ±13	184 ±12	189 ±14	201 ±14	192 ±16	157 ±14	p= 0,7	p= 0,004	p= 0,62
	lang	152 ±14	173 ±11	181 ±13	193 ±12	207 ±14	215 ±14	187 ±15	170 ±14			
B	kurz	151 ±17	146 ±15	196 ±17	191 ±18	183 ±18	213 ±20	218 ±25	188 ±20	p= 0,650	p= 0,006	p= 0,844
	lang	138 ±17	172 ±16	187 ±17	190 ±17	208 ±17	223 ±19	198 ±23	204 ±18			
C	kurz	212 ±19	179 ±16	210 ±22	175 ±15	195 ±20	187 ±22	178 ±20	146 ±17	p= 0,833	p= 0,183	p= 0,646
	lang	173 ±19	175 ±16	173 ±22	197 ±15	205 ±20	205 ±22	183 ±20	155 ±17			

Referenzbereich 150–250 mml/l

### 4.5.4 Säuregehalt

Der Gehalt an titrierbaren Säuren weist einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Fütterungsgruppen auf (Tab. 30). Sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden

Teilstichproben (B und C) erkennt man signifikant höhere Werte in der Fütterungsgruppe kurz. Beide Fütterungsgruppen befinden sich innerhalb des Referenzbereiches.

Tab. 30: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte des Säuregehaltes im Harn der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	65,9 ±1,5	67,0 ±2,2	65,7 ±1,8	p= 0,000	p= 0,014	p= 0,002	p= 0,639	p= 0,589	p= 0,836
lang	57,9 ±1,5	59,5 ±2,0	57,7 ±1,8						

Referenzbereich: 50–100 mmol/l

Betrachtet man den Säuregehalt über den gesamten Versuchszeitraum im Verlauf (Tab. 31) fällt auf, dass nur in Teilstichprobe 2 (C) ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Wochen besteht.

Tab. 31: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte des Säuregehaltes im Harn der einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	73 ±4,7	62 ±3,8	69 ±3,9	75 ±4,7	64 ±4,6	63 ±3,4	58 ±4,0	64 ±4,5	p= 0,000	p= 0,098	p= 0,639
	lang	61 ±4,8	57 ±3,9	54 ±3,9	62 ±4,5	62 ±4,4	54 ±3,3	55 ±3,9	56 ±4,4			
B	kurz	68 ±6,9	59 ±4,9	74 ±5,9	66 ±6,4	73 ±6,9	67 ±4,9	66 ±6,6	63 ±5,9	p= 0,014	p= 0,550	p= 0,589
	lang	56 ±7,1	55 ±5,2	52 ±5,9	57 ±6,1	70 ±6,4	58 ±4,7	63 ±6,1	65 ±5,3			
C	kurz	82 ±5,3	67 ±5,1	67 ±4,2	85 ±6,2	55 ±5,2	58 ±4,3	54 ±4,7	64 ±5,8	p= 0,002	p= 0,000	p= 0,836
	lang	69 ±5,3	64 ±5,1	56 ±4,2	70 ±6,2	53 ±5,2	48 ±4,3	51 ±4,7	52 ±5,8			

Referenzbereich: 50–100 mmol/l

## 4.5 Harnanalytik

### 4.5.5 Ammoniumkonzentration

Das Ammoniak-Ammonium-System ist eines der wichtigsten Puffersysteme der Niere.

Die in Tabelle 32 aufgeführten Werte zeigen eine signifikant höhere Ammoniumkonzentration im Harn der Gruppe kurz auf. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Fütterungsgruppen sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C).

Die Gruppe kurz befindet sich in der Gesamtstichprobe und in den Teilstichproben mit Werten von 14,1-15,7 mmol/l über der Referenzgrenze von 10 mmol/l.

Tab. 32: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Ammoniumkonzentration im Harn der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	15,2 ±1,0	15,7 ±1,5	14,1 ±1,1	p= 0,001	p= 0,016	p= 0,011	p= 0,689	p= 0,465	p= 0,295
lang	10,3 ±1,0	10,5 ±1,5	10,1 ±1,0						

Referenzbereich: < 10 mmol/l

Wenn man den Verlauf der Ammoniumkonzentration (Tab. 33) betrachtet, fällt auf, dass beide Fütterungsgruppen sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) zu Beginn der Fütterung über der Referenzgrenze liegen. Die Gruppe lang zeigt eine stetige Abnahme und ab der dritten Versuchswoche fallen die Werte unter 10 mmol/l. In der letzten Versuchswoche befinden sich aber alle wieder über 10 mmol/l. Insgesamt sind die Ammoniumkonzentrationen auch in der Gruppe lang eher hoch.

Die Gruppe kurz zeigt auch eine Abnahme der Werte, aber sie bleiben immer oberhalb der Referenzgrenze. Die Werte sinken kontinuierlich bis zur zwölften Versuchswoche, steigen von da an aber auch wieder kontinuierlich an.

Tab. 33: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Ammoniumkonzentration im Harn in den einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	26,6 ±5,9	14,3 ±2,7	16,8± 3,0	14,5± 1,9	11,2± 1,0	11,3± 0,9	16,8± 2,6	16,4± 2,1	p= 0,001	p= 0,111	p= 0,689
	lang	17,3 ±6,0	12,6 ±2,6	8,0 ±3,0	9,4 ±1,9	9,9 ±1,0	9,3 ±0,9	9,6 ±2,5	11,6 ±2,1			
B	kurz	31,2 ±9,5	15,8 ±3,1	15,5 ±3,7	12,0 ±2,5	10,7 ±1,5	10,3 ±1,2	14,3 ±3,2	15,6 ±2,1	p= 0,016	p= 0,231	p= 0,465
	lang	17,2 ±9,8	8,1 ±3,3	8,4 ±3,7	7,9 ±2,4	11,4 ±1,4	9,0 ±1,2	11,8 ±2,9	10,4 ±1,9			
C	kurz	17,1 ±4,0	16,3 ±1,3	16,4 ±5,0	16,8 ±3,0	11,9 ±1,2	12,1 ±1,5	16,3 ±3,6	15,8 ±2,8	p= 0,011	p= 0,344	p= 0,295
	lang	12,5 ±4,0	11,5 ±1,3	8,3 ±5,0	10,3 ±3,0	7,3 ±1,2	8,6 ±1,5	6,9 ±3,6	11,2 ±2,8			

Referenzbereich: < 10 mmol/l

#### 4.5.6 Basen-Säuren-Quotient

Wie schon bei der NSBA zeigt sich nur in der Gesamtstichprobe zwischen den beiden Fütterungsgruppen ein signifikanter Unterschied im Basen-Säuren-Quotient (Tab. 34). Die Werte befinden sich allerdings für beide Fütterungsgruppen innerhalb des Referenzbereiches.

Tab. 34: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte des Basen-Säuren-Quotienten im Harn der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	3,0 ±0,1	3,1 ±0,2	3,0 ±0,1	p= 0,009	p= 0,179	p= 0,054	p= 0,624	p= 0,836	p= 0,274
lang	3,4 ±0,1	3,4 ±0,2	3,4 ±0,1						

Referenzbereich: 2,5-4,8

## 4.5 Harnanalytik

Tabelle 35 zeigt in der Gesamtstichprobe (A) sowie in den Teilstichproben (B und C) einen signifikanten Unterschied der Werte von Woche zu Woche.

Tab. 35: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte des BSQ im Harn über die einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	2,6 ±0,2	2,7 ±0,2	3,2 ±0,3	2,7 ±0,2	3,3 ±0,3	3,6 ±0,3	3,6 ±0,4	2,6 ±0,3	p= 0,009	p= 0,000	p= 0,624
	lang	2,5 ±0,2	3,1 ±0,2	3,5 ±0,3	3,3 ±0,2	3,6 ±0,3	4,0 ±0,3	3,7 ±0,4	3,4 ±0,3			
B	kurz	2,5 ±0,3	2,6 ±0,3	3,0 ±0,3	3,1 ±0,4	2,8 ±0,4	3,8 ±0,5	3,5 ±0,8	3,2 ±0,5	p= 0,179	p= 0,042	p= 0,836
	lang	2,4 ±0,3	3,3 ±0,3	3,7 ±0,3	3,6 ±0,3	3,3 ±0,4	3,7 ±0,5	3,5 ±0,7	3,2 ±0,5			
C	kurz	2,7 ±0,3	3,0 ±0,4	3,5 ±0,4	2,1 ±0,3	3,7 ±0,4	3,3 ±0,4	3,6 ±0,6	2,3 ±0,4	p= 0,054	p= 0,001	p= 0,274
	lang	2,6 ±0,3	2,9 ±0,4	3,1 ±0,4	3,0 ±0,3	4,0 ±0,4	4,4 ±0,4	3,8 ±0,6	3,4 ±0,4			

Referenzbereich: 2,5-4,8

### 4.5.7 Elektrolyte

Bei der Analyse der Konzentrationen von Kalzium, Magnesium, Natrium, Kalium, Chlorid und Phosphor weist die Magnesiumkonzentration in der Gesamtstichprobe und den beiden Teilstichproben signifikante Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen auf (Tab. 36). Hier zeigt die Magnesiumkonzentration der Gruppe kurz in der Gesamtstichprobe (A) und in beiden Teilstichproben signifikant höhere Konzentrationen auf. Die Magnesiumkonzentrationen liegen auf einem recht hohen Niveau, befinden sich jedoch in beiden Fütterungsgruppen im Referenzbereich.

Die Kalziumkonzentration weist nur in Teilstichprobe 1 (B) einen signifikanten Unterschied auf. Die Gruppe kurz zeigt höhere Werte. Sie liegen jedoch für beide Fütterungsgruppen innerhalb des Referenzbereiches.

Auch bei Betrachtung der Phosphorwerte zeigt sich ein signifikanter Unterschied jedoch nur in Teilstichprobe 2 (C). Die Gruppe kurz scheidet signifikant mehr Phosphor aus als Gruppe lang.



Die übrigen Parameter weisen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen auf (Tab. 36) und befinden sich in den jeweiligen Referenzbereichen.

Tab. 36: Gesamtmittelwerte, Standardabweichung und Signifikanzwerte der Konzentrationen von Ca, Mg, Na, K, Cl und P im Harn der beiden Fütterungsgruppen

Parameter	Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
					Gruppe			Wechselwirkung		
					A	B	C	A	B	C
Ca Konz. in mmol/l	kurz	1,1 ±0,1	1,2 ±0,2	0,9 ±0,2	p= 0,315	p= 0,046	p= 0,399	p= 0,107	p= 0,140	p= 0,589
	lang	0,9 ±0,1	0,7 ±0,2	1,1 ±0,2						
Mg Konz. in mmol/l	kurz	13,2 ±0,6	12,8 ±0,9	14,2 ±0,8	p= 0,003	p= 0,050	p= 0,024	p= 0,715	p= 0,747	p= 0,606
	lang	10,8 ±0,6	10,4 ±0,9	11,6 ±0,8						
Na Konz. in mmol/l	kurz	35 ±2,3	37 ±3,8	33 ±3,2	p= 0,324	p= 0,674	p= 0,454	p= 0,021	p= 0,659	p= 0,001
	lang	38 ±2,3	40 ±3,6	37 ±3,2						
K Konz. in mmol/l	kurz	198 ±5,1	206 ±8,0	194 ±6,8	p= 0,094	p= 0,393	p= 0,165	p= 0,466	p= 0,32	p= 0,516
	lang	186 ±5,0	196 ±7,6	180 ±6,8						
Cl Konz. in mmol/l	kurz	38 ±2,2	39 ±3,4	37 ±2,8	p= 0,156	p= 0,229	p= 0,242	p= 0,885	p= 0,966	p= 0,273
	lang	34 ±2,2	33 ±3,2	32,1 ±2,8						
P Konz. in mmol/l	kurz	2,4 ±0,3	1,8 ±0,4	2,9 ±0,4	p= 0,196	p= 0,471	p= 0,028	p= 0,667	p= 0,483	p= 0,88
	lang	1,9 ±0,3	2,3 ±0,4	1,5 ±0,4						

Referenzwerte: Calcium: <1,5 mmol/l; Magnesium: 3,7-16,5 mmol/l;  
Natrium: >8,0 mmol/l; Kalium: 140-320 mmol/l;  
Chlorid: 40-160 mmol/l; Phosphor: < 5,7 mmol/l

Wenn man den Verlauf der Kalzium-Konzentrationen (Tab. 37) betrachtet, zeigt sich, dass die Gruppe lang sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) auf einem höheren Niveau einsteigt als die Gruppe kurz. Im Fall der Gesamtstichprobe und der Teilstichprobe 2 (C) liegen die Werte aus der ersten Woche oberhalb des Referenzbereiches. Die Werte der Kalziumkonzentrationen weisen in der Gesamtstichprobe

## 4.5 Harnanalytik

und in den beiden Teilstichproben in beiden Fütterungsgruppen starke Schwankungen auf. In der 20. Versuchswoche weisen beide Fütterungsgruppen in der Gesamtstichprobe und der Teilstichprobe 2 Werte oberhalb des Referenzbereiches auf.

Bei Betrachtung des Verlaufs der Magnesiumkonzentration (Tab. 37) im Harn fällt auf, dass die Werte der letzten Versuchswoche deutlich höher liegen als die Werte der ersten Versuchswoche. In Teilstichprobe 2 (C) weisen die Konzentrationen über die gesamte Dauer des Versuches höhere Werte als in der Gesamtstichprobe (A) und in Teilstichprobe 1 (B).

Der Verlauf der Natriumkonzentration (Tab. 37) zeigt weder signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen noch zwischen den Wochen auf. Alle Werte befinden sich im Referenzbereich.

Der Verlauf der Kaliumkonzentration weist in der Gesamtstichprobe (A) und in der Teilstichprobe 1 (B) einen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Wochen auf (Tab. 37). Es fällt auf, dass sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) die Kaliumkonzentrationen der Gruppe kurz in der letzten Versuchswoche einen niedrigeren Wert aufweisen als die der Gruppe lang.

Bei Betrachtung des Verlaufs der Chloridkonzentration (Tab. 37) zeigen sich für beide Fütterungsgruppen sehr niedrige Werte, die sich in der Gesamtstichprobe (A) und in beiden Teilstichproben (B und C) in den ersten beiden Wochen sogar unterhalb des Referenzbereichs befinden. Weiterhin zeigen nur die Gesamtstichprobe (A) und die Teilstichprobe 2 (C) signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Wochen.

Der Verlauf der Phosphorkonzentration (Tab. 37) zeigt nur in Teilstichprobe 2 (C) signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen. Weiterhin fällt auf, dass die Gruppe kurz der Teilstichprobe 2 (C) über die ganze Dauer des Versuches eine höhere Phosphorkonzentration aufweist als Gruppe lang. Die Werte befinden sich alle im Referenzbereich, außer dem Wert der ersten Woche der Gruppe kurz in Teilstichprobe 1 (B), der geringfügig darüber liegt.

Tab. 37: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Konzentrationen von Ca, Mg, Na, K, Cl, P im Harn in den einzelnen Versuchswochen

Parameter	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz			
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW	
Ca Konz in mmol/l	A	kurz	0,6 ±0,14	1,0 ±0,23	1,3 ±0,34	1,1 ±0,17	1,3 ±0,47	1,3 ±0,35	0,7 ±0,19	1,9± 0,65	p= 0,315	p= 0,31	p= 0,107
		lang	1,8 ±0,50	0,7 ±0,24	0,4 ±0,34	0,5 ±0,16	0,5 ±0,45	0,6 ±0,35	0,9 ±0,19	2,0 ±0,63			
	B	kurz	0,7 ±0,51	1,2 ±0,3	1,8 ±0,52	0,6 ±0,12	2,4 ±0,87	1,7 ±0,59	0,5 ±0,34	0,7 ±0,44	p= 0,046	p= 0,070	p= 0,140
		lang	1,3 ±0,52	0,4 ±0,32	0,3 ±0,52	0,2 ±0,12	0,9 ±0,80	0,5 ±0,57	1,1 ±0,32	0,7 ±0,39			
	C	kurz	0,4 ±0,98	0,7 ±0,35	0,6 ±0,35	1,6 ±0,30	0,2 ±0,02	0,7 ±0,31	0,8 ±0,23	2,3 ±0,85	p= 0,399	p= 0,000	p= 0,589
		lang	2,6 ±0,98	1,0 ±0,35	0,5 ±0,35	0,8 ±0,30	1,0 ±0,02	0,8 ±0,31	0,7 ±0,23	2,6 ±0,85			
Mg Konz in mmol/l	A	kurz	10,8 ±1,7	12,2 ±1,5	10,4 ±1,2	14,7 ±1,5	13,4 ±1,4	15,0 ±1,6	13,8 ±2,3	15,4 ±1,6	p= 0,003	p= 0,002	p= 0,715
		lang	8,8 ±1,7	7,7 ±1,5	9,4 ±1,2	11,1 ±1,4	9,8 ±1,3	11,1 ±1,5	12,3 ±2,3	15,9 ±1,5			
	B	kurz	6,6 ±1,5	10,7 ±1,6	9,4 ±1,4	12,3 ±1,7	15,1 ±2,0	17,2 ±2,0	16,4 ±4,8	17,2 ±3,0	p= 0,050	p= 0,000	p= 0,747
		lang	6,3 ±1,6	5,8 ±1,7	8,3 ±1,4	8,9 ±1,6	12,0 ±1,9	12,1 ±2,0	14,0 ±5,2	13,1 ±2,7			
	C	kurz	17,1 ±2,9	14,5 ±2,7	11,8 ±2,2	17,7 ±2,3	11,8 ±1,8	12,3 ±2,4	13,8 ±2,2	17,3 ±1,8	p= 0,024	p= 0,016	p= 0,606
		lang	12,5 ±2,9	10,9 ±2,7	11,0 ±2,2	14,3 ±2,3	7,3 ±1,8	9,9 ±2,4	9,6 ±2,1	14,8 ±1,8			
Na Konz in mmol/l	A	kurz	34 ±5,6	33 ±5,1	47 ±8,1	30 ±7,4	22 ±5,4	34 ±6,6	36 ±7,1	45 ±7,0	p= 0,324	p= 0,272	p= 0,021
		lang	27 ±5,7	37 ±5,3	41 ±8,1	47 ±7,1	39 ±5,2	50 ±6,2	45 ±6,9	20 ±6,8			
	B	kurz	37 ±7,4	29 ±6,1	46 ±9,9	36 ±11,1	23 ±7,9	39 ±10,4	47 ±13,7	43 ±16,0	p= 0,324	p= 0,272	p= 0,021
		lang	32 ±7,6	42 ±6,5	47 ±9,9	55 ±10,4	36 ±7,3	37 ±10,0	45 ±12,7	23 ±14,3			
	C	kurz	29 ±8,8	40 ±8,8	49 ±13,8	23 ±8,7	22 ±7,6	27 ±5,7	29, ±8,1	45 ±8,0	p= 0,454	p= 0,109	p= 0,001
		lang	20 ±8,8	30 ±8,8	32 ±13,8	35 ±8,7	43 ±7,6	67 ±5,7	45 ±8,1	19 ±8,0			

Referenzwerte: Calcium: <1,5 mmol/l; Magnesium: 3,7-16,5 mmol/l;  
Natrium: >8,0 mmol/l; Kalium: 140-320 mmol/l;  
Chlorid: 40-160 mmol/l; Phosphor: < 5,7 mmol/l

## 4.5 Harnanalytik

Fortsetzung Tab. 37

Parameter	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz			
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW	
K Konz in mmol/l	A	kurz	172 ±13,7	165 ±12,1	204 ±13,3	202 ±12,9	230 ±15,5	205 ±13,2	212 ±18,4	190 ±15,3	p= 0,094	p= 0,002	p= 0,466
		lang	144 ±13,0	175 ±12,5	185 ±13,3	186 ±12,6	199 ±14,9	198 ±12,9	185 ±17,8	215 ±14,8			
	B	kurz	172 ±20,1	166 ±17,2	218 ±17,7	202 ±20,9	238 ±21,0	205 ±13,1	217 ±34,3	229 ±28,5	p= 0,393	p= 0,008	p= 0,320
		lang	151 ±20,6	173 ±18,2	175 ±17,9	182 ±19,6	200 ±19,4	226 ±12,7	187 ±31,8	278 ±25,5			
	C	kurz	172 ±17,4	164 ±16,8	186 ±19,9	204 ±13,6	223 ±23,9	214 ±22,9	209 ±22,5	177 ±14,0	p= 0,165	p= 0,093	p= 0,516
		lang	134 ±17,4	180 ±16,8	200 ±19,9	192 ±13,6	199 ±23,9	164 ±22,9	185 ±22,5	187 ±14,0			
Cl Konz in mmol/l	A	kurz	29 ±5,8	37 ±5,1	40 ±6,8	39 ±6,5	31 ±5,8	39 ±4,7	51 ±7,5	47 ±7,4	p= 0,156	p= 0,032	p= 0,885
		lang	28 ±5,9	29 ±5,3	33 ±6,8	34 ±6,3	23 ±5,6	34 ±4,6	43 ±7,3	44 ±7,2			
	B	kurz	38 ±8,7	42 ±7,9	34 ±9,8	39 ±8,6	28 ±9,9	31 ±6,7	54 ±12,7	43 ±10,7	p= 0,229	p= 0,545	p= 0,966
		lang	37 ±9,0	33 ±8,3	36 ±9,8	36 ±8,1	26 ±9,1	27 ±6,5	43 ±11,7	24 ±9,6			
	C	kurz	16 ±4,6	31 ±5,4	50 ±9,0	38 ±8,4	35 ±6,3	27 ±6,5	49 ±9,7	49 ±9,0	p= 0,242	p= 0,000	p= 0,273
		lang	17 ±4,6	24 ±5,3	28 ±9,0	32 ±8,4	20 ±6,3	43 ±6,5	42 ±9,7	53 ±9,0			
P Konz in mmol/l	A	kurz	4,8 ±1,5	2,6 ±0,8	1,7 ±0,5	2,7 ±0,7	2,3 ±0,8	2,2 ±0,5	1,3 ±0,5	1,3 ±0,5	p= 0,196	p= 0,202	p= 0,667
		lang	3,4 ±1,5	1,9 ±0,8	1,4 ±0,5	1,3 ±0,7	2,7 ±0,8	1,0 ±0,5	1,7 ±0,5	1,4 ±0,5			
	B	kurz	6,1 ±2,4	1,7± 0,7	1,3 ±0,3	1,4 ±0,4	1,3 ±0,7	1,3 ±0,2	0,8 ±1,0	0,8 ±1,5	p= 0,471	p= 0,123	p= 0,483
		lang	4,4 ±2,5	2,5 ±0,7	1,3 ±0,3	1,4 ±0,4	2,3 ±0,7	0,8 ±0,2	2,5 ±1,0	2,9 ±1,3			
	C	kurz	2,8 ±1,2	3,9 ±1,7	2,3 ±1,1	4,3 ±1,6	3,3 ±1,5	3,4 ±1,2	1,6 ±0,5	1,4 ±0,3	p= 0,028	p= 0,195	p= 0,880
		lang	2,1 ±1,2	1,1 ±1,7	1,6 ±1,1	1,2 ±1,6	3,1 ±1,5	1,3 ±1,2	1,2 ±0,5	0,7 ±0,3			

Referenzwerte: Calcium: <1,5 mmol/l; Magnesium: 3,7-16,5 mmol/l;

Natrium: >8,0 mmol/l; Kalium: 140-320 mmol/l;

Chlorid: 40-160 mmol/l; Phosphor: < 5,7 mmol/l

## 4.6 Blutanalytik

### 4.6.1 Elektrolyte

Die Kalzium-, Phosphor- und Magnesiumkonzentrationen zeigen weder in der Gesamtstichprobe (A) noch in den beiden Teilstichproben (B und C) signifikante Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen (Tab. 38). Weiterhin befinden sich die Werte innerhalb der jeweiligen Referenzbereiche.

Tab. 38: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Kalzium-, Phosphor- und Magnesiumkonzentrationen im Blut der beiden Fütterungsgruppen

Parameter	Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
					Gruppe			Wechselwirkung		
					A	B	C	A	B	C
Ca Konz in mmol/l	kurz	2,3 ±0,1	2,3 ±0,02	2,3 ±0,02	p= 0,944	p= 0,989	p= 0,456	p= 0,499	p= 0,977	p= 0,237
	lang	2,3 ±0,1	2,3 ±0,02	2,3 ±0,02						
P Konz in mmol/l	kurz	2,0 ±0,03	2,0 ±0,03	2,0 ±0,04	p= 0,374	p= 0,289	p= 0,836	p= 0,231	p= 0,355	p= 0,304
	lang	2,0 ±0,03	2,0 ±0,03	2,0 ±0,04						
Mg Konz in mmol/l	kurz	0,96 ±0,08	0,94 ±0,01	0,99 ±0,01	p= 0,475	p= 0,265	p= 0,772	p= 0,425	p= 0,306	p= 0,536
	lang	0,97 ±0,08	0,95 ±0,01	0,99 ±0,01						

Referenzwerte: Calcium: 2,2-2,9 mmol/l; Phosphor: 1,6-2,3 mmol/l;  
Magnesium: 0,7-1,4 mmol/l

Der Verlauf der Kalziumkonzentration (Tab. 39) zeigt nur in Teilstichprobe 2 (C) signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Wochen. Die Gesamtstichprobe (A) und die Teilstichprobe 1 (B) weisen über die gesamte Dauer des Versuches in beiden Fütterungsgruppen gleichbleibende Werte auf.

Betrachtet man den Verlauf der Phosphorkonzentrationen (Tab. 39) fallen in der Gesamtstichprobe (A) und in der Teilstichprobe 1 (B) signifikante Differenzen zwischen den Wochen auf.

## 4.6 Blutanalytik

Tab. 39: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Kalzium- und Phosphorkonzentrationen im Blut in den einzelnen Versuchswochen

Parameter	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz			
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW	
Ca Konz in mmol/l	A	kurz	2,2 ±0,04	2,3 ±0,04	2,3 ±0,03	2,4 ±0,03	2,3 ±0,04	2,3 ±0,04	2,3 ±0,03	2,3 ±0,04	p= 0,944	p= 0,214	p= 0,499
		lang	2,3 ±0,04	2,3 ±0,04	2,3 ±0,03	2,3 ±0,03	2,3 ±0,04	2,4 ±0,04	2,3 ±0,03	2,3 ±0,04			
	B	kurz	2,3 ±0,07	2,3 ±0,05	2,3 ±0,04	2,3 ±0,04	2,3 ±0,07	2,4 ±0,04	2,4 ±0,04	2,4 ±0,05	p= 0,989	p= 0,120	p= 0,977
		lang	2,3 ±0,07	2,3 ±0,05	2,4 ±0,04	2,3 ±0,04	2,3 ±0,07	2,4 ±0,03	2,4 ±0,03	2,4 ±0,04			
	C	kurz	2,5 ±0,05	2,3 ±0,06	2,3 ±0,04	2,4 ±0,03	2,2 ±0,06	2,3 ±0,06	2,2 ±0,04	2,9 ±0,07	p= 0,454	p= 0,002	p= 0,237
		lang	2,3 ±0,05	2,2 ±0,06	2,3± 0,04	2,4 ±0,03	2,2 ±0,04	2,3 ±0,06	2,3 ±0,04	2,3 ±0,07			
P Konz in mmol/l	A	kurz	2,0 ±0,1	2,0 ±0,1	1,9 ±0,1	1,9 ±0,1	2,1 ±0,1	2,1 ±0,1	1,9 ±0,1	2,1 ±0,1	p= 0,374	p= 0,013	p= 0,231
		lang	2,0 ±0,1	1,9 ±0,1	2,0 ±0,1	2,0 ±0,1	2,1 ±0,1	2,0 ±0,1	2,1 ±0,1	2,3 ±0,1			
	B	kurz	2,1 ±0,1	2,0 ±0,1	1,8 ±0,1	1,9 ±0,1	2,0 ±0,1	2,2 ±0,1	2,0 ±0,1	2,1 ±0,1	p= 0,289	p= 0,042	p= 0,355
		lang	2,0 ±0,1	1,9 ±0,1	2,0 ±0,1	2,1 ±0,1	2,1 0,1	2,1 ±0,1	2,1 ±0,1	2,2 ±0,1			
	C	kurz	1,8 ±0,1	2,1 ±0,1	1,9 ±0,1	2,0 ±0,1	2,2 ±0,1	2,0 ±0,1	1,9 ±0,1	2,1 ±0,1	p= 0,836	p= 0,090	p= 0,304
		lang	2,0 ±0,1	1,9 ±0,1	2,0 ±0,1	1,9 ±0,1	2,0 ±0,1	1,8 ±0,1	2,1 ±0,1	2,3 ±0,1			

Referenzwerte: Kalzium: 2,2-2,9 mmol/l; Phosphor: 1,6-2,3 mmol/l;

Im Verlauf der Magnesiumkonzentration (Tab. 40) sieht man signifikante Unterschiede zwischen den Versuchswochen, jedoch keine signifikanten Differenzen zwischen den Fütterungsgruppen.

Tab. 40: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Magnesiumkonzentrationen im Blut in den einzelnen Versuchswochen

Parameter	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz			
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW	
Mg Konz in mmol/l	A	kurz	0,94 ±0,03	0,95 ±0,02	0,94 ±0,02	0,94 ±0,02	0,99 ±0,02	0,98 ±0,02	0,97 ±0,03	0,96 ±0,02	p= 0,475	p= 0,076	p= 0,425
		lang	0,90 ±0,03	0,97 ±0,02	0,99 ±0,02	0,97 ±0,01	1,01 ±0,02	0,97 ±0,02	0,93 ±0,03	0,99 ±0,02			
	B	kurz	0,85 ±0,03	0,92 ±0,03	0,88 ±0,03	0,93 ±0,02	0,96 ±0,03	0,98 ±0,02	0,97 ±0,03	1,00 ±0,04	p= 0,265	p= 0,001	p= 0,306
		lang	0,83 ±0,03	0,91 ±0,03	0,97 ±0,03	0,99 ±0,02	0,98 ±0,03	0,96 ±0,02	0,98 ±0,02	0,99 ±0,04			
	C	kurz	1,08 ±0,03	1,01 ±0,04	1,02 ±0,02	0,95 ±0,02	1,01 ±0,02	0,97 ±0,03	0,97 ±0,04	0,94 ±0,03	p= 0,772	p= 0,000	p= 0,536
		lang	1,01 ±0,03	1,04 ±0,04	1,02 ±0,02	0,94 ±0,02	1,05 ±0,02	0,98 ±0,03	0,91 ±0,04	0,99 ±0,03			

Referenzwerte: Magnesium: 0,7-1,4 mmol/l

#### 4.6.2 Aspartat-Amino-Transferase (ASAT)

Die Aktivität der ASAT im Blut weist in der Gesamtstichprobe (A) und in der Teilstichprobe 2 (C) signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen auf (Tab. 41). In beiden Fällen zeigt die Fütterungsgruppe kurz signifikant höhere Werte als die Gruppe lang. In der Gesamtstichprobe (A) befindet sich der Gesamtmittelwert der Gruppe kurz an der Grenze des Referenzbereiches. In Teilstichprobe 2 (C) befindet sich der Gesamtmittelwert deutlich oberhalb des Referenzbereiches von < 105 U/l.

Tab. 41: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der ASAT-Konzentration im Blut der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	105 ±2,7	93,3 ±4,4	115 ±3,8	p= 0,000	p= 0,52	p= 0,000	p= 0,27	p= 0,64	p= 0,401
lang	86 ±2,9	89,4 ±4,3	80 ±3,8						

Referenzbereich: bis 105 U/l

## 4.6 Blutanalytik

Wenn man den Verlauf der ASAT-Konzentration (Tab. 42) betrachtet, fällt auf, dass sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) signifikante Differenzen zwischen den einzelnen Versuchswochen bestehen.

In der Gesamtstichprobe (A) liegen die Werte beider Fütterungsgruppen oberhalb des Referenzbereiches. Sowohl Gruppe kurz als auch Gruppe lang zeigt eine kontinuierliche Abnahme bis zur 8. Versuchswoche. Gruppe lang bleibt trotz ansteigender Tendenz im Referenzbereich, während die Gruppe kurz in der 16. und 20. Versuchswoche wieder Werte oberhalb des Referenzbereiches aufweisen. Die Gruppe kurz weist über die gesamte Dauer des Versuches signifikant höhere Werte auf als die Gruppe lang.

In Teilstichprobe 1 (B) ist auffällig, dass beide Fütterungsgruppen einen sehr hohen Anfangswert aufweisen. Auch hier zeigen beide Fütterungsgruppen eine kontinuierliche Abnahme bis zur 8. Versuchswoche. Der Wert der Gruppe kurz steigt in den letzten Wochen noch einmal stark an und befindet sich am Ende des Versuches oberhalb des Referenzbereiches.

In Teilstichprobe 2 (C) zeigt die Gruppe kurz über die gesamte Dauer des Versuches deutlich höhere Werte als Gruppe lang. Die Werte der Gruppe kurz befinden sich außer in der 2. und der 4. Versuchswoche durchgehend oberhalb des Referenzbereiches. Die Werte der Gruppe lang hingegen liegen während der gesamten Dauer des Versuches innerhalb des Referenzbereiches.

Tab. 42: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der ASAT-Konzentration im Blut in den einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	116 ±12,9	92 ±8,7	95 ±6,9	85 ±5,8	99 ±7,5	101 ±9,3	112 ±6,1	136 ±9,4	p= 0,000	p= 0,000	p= 0,27
	lang	109 ±13,1	91 ±8,9	79 ±6,9	71 ±5,6	77 ±7,2	80 ±9,1	83 ±5,9	86 ±9,1			
B	kurz	121 ±19,9	94 ±13,8	88 ±9,5	79 ±9,3	67 ±4,6	78 ±5,1	90 ±7,0	130 ±19,5	p= 0,52	p= 0,002	p= 0,64
	lang	127 ±20,5	106 ±14,2	83 ±9,5	73 ±8,7	72 ±4,3	82 ±4,9	77 ±6,5	95 ±17,4			
C	kurz	107 ±11,2	88 ±5,4	106 ±9,7	94 ±5,9	130 ±11,4	129 ±18,3	125 ±7,6	138 ±9,6	p= 0,000	p= 0,000	p= 0,401
	lang	83 ±11,2	72 ±5,4	73 ±9,7	70 ±5,9	84 ±11,4	78 ±18,3	88 ±7,6	91 ±10,1			

Referenzbereich: bis 105 U/l



### 4.6.3 Creatinin-Kinase (CK), Cholesterin, Insulin

Bei Betrachtung der Konzentrationen von CK, Cholesterin und Insulin (Tab. 53) fallen weder in der Gesamtstichprobe (A) noch in den beiden Teilstichproben (B und C) signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen auf. Die Werte befinden sich alle in den jeweiligen Referenzbereichen.

Tab. 43: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Cholesterin-, Insulin- und CK-Konzentration im Blut der beiden Fütterungsgruppen

Parameter	Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
					Gruppe			Wechselwirkung		
					A	B	C	A	B	C
CK in U/l	kurz	152 ±13	168 ±20	139 ±16	p= 0,376	p= 0,786	p= 0,128	p= 0,521	p= 0,472	p= 0,608
	lang	136 ±13	160 ±20	104 ±16						
Cholesterin in mmol/l	kurz	3,8 ±0,08	3,6 ±0,09	4,2 ±0,12	p= 0,292	p= 0,99	p= 0,119	p= 0,895	p= 0,971	p= 0,876
	lang	3,7 ±0,08	3,6 ±0,09	3,9 ±0,12						
Insulin in µU/l	kurz	9,0 ±0,5	7,9 ±0,7	9,3 ±0,7	p= 0,985	p= 0,215	p= 0,488	p= 0,805	p= 0,451	p= 0,198
	lang	9,0 ±0,5	9,0 ±0,6	8,6 ±0,7						

Referenzbereich: CK: <200 U/l; Cholesterin: 2,0-4,5 mmol/l

Der Verlauf der Cholesterin-Konzentration (Tab. 54) zeigt sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchswochen. Weiterhin fällt auf, dass die Werte kontinuierlich steigen und dass sich die Werte sowohl der Gruppe lang als auch der Gruppe kurz in der Gesamtstichprobe (A) und in den beiden Teilstichproben (B und C) in der letzten Versuchswoche oberhalb des Referenzbereiches befinden.

Bei Betrachtung des Verlaufs der Insulin-Konzentration (Tab. 54) zeigt sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchswochen sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C).

Im Verlauf der CK-Konzentration (Tab. 54) ist kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Versuchswochen zu erkennen. Es fällt auf, dass die Gesamtstichprobe (A) und die

## 4.6 Blutanalytik

Teilstichprobe 1 (B) mit höheren Werten einsteigen als die Teilstichprobe 2 (C). Das lässt sich erklären, da die Kühe der Teilstichprobe 1 (B) gerade gekalbt haben und dadurch die Werte erhöht sein können.

Tab. 44: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Cholesterin-, Insulin- und CK-Konzentration im Blut in den einzelnen Versuchswochen

Parameter	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz			
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW	
Cholesterin in mmol/	A	kurz	2,7 ±0,24	3,1 ±0,21	3,2 ±0,19	3,8 ±0,19	3,8 ±0,17	4,4 ±0,21	4,4 ±0,28	5,0 ±0,33	p= 0,292	p= 0,000	p= 0,895
		lang	2,4 ±0,25	2,8 ±0,22	3,0 ±0,20	3,4 ±0,19	3,8 ±0,16	4,5 ±0,20	4,4 ±0,27	5,1 ±0,33			
	B	kurz	1,9 ±0,13	2,3 ±0,15	2,6 ±0,19	3,2 ±0,18	4,0 ±0,19	4,6 ±0,24	4,6 ±0,32	5,2 ±0,48	p= 0,990	p= 0,000	p= 0,971
		lang	1,8 ±0,14	2,2 ±0,15	2,6 ±0,19	2,9 ±0,17	4,0 ±0,18	4,7 ±0,23	4,7 ±0,30	5,9 ±0,43			
	C	kurz	3,9 ±0,39	4,2 ±0,31	4,1 ±0,28	4,5 ±0,30	3,6 ±0,28	4,1 ±0,34	4,3 ±0,40	5,0 ±0,43	p= 0,119	p= 0,030	p= 0,876
		lang	3,4 ±0,39	3,6 ±0,31	3,6 ±0,28	4,0 ±0,30	3,7 ±0,28	4,3 ±0,34	4,1 ±0,40	4,9 ±0,45			
Insulin µU/l	A	kurz	5,5 ±0,9	4,5 ±0,8	6,0 ±0,9	7,4 ±0,9	8,4 ±1,0	10,9 ±1,7	13,2 ±2,8	16,0 ±1,9	p= 0,985	p= 0,000	p= 0,805
		lang	4,6 ±0,9	4,9 ±0,8	6,3 ±0,9	6,4 ±0,9	9,4 ±0,9	9,9 ±1,6	17,2 ±2,8	13,4 ±1,9			
	B	kurz	5,6 ±1,2	5,2 ±1,2	5,7 ±1,4	7,5 ±1,4	7,2 ±1,2	11,8 ±2,6	12,3 ±2,6	8,1 ±2,5	p= 0,215	p= 0,002	p= 0,451
		lang	4,7 ±1,2	5,3 ±1,2	7,6 ±1,4	7,8 ±1,3	9,2 ±1,4	11,3 ±2,5	10,5 ±2,4	16,0 ±2,3			
	C	kurz	5,5 ±1,3	3,4 ±0,8	6,5 ±1,2	7,4 ±1,2	9,7 ±1,5	9,7 ±2,1	13,7 ±3,9	18,8 ±2,1	p= 0,488	p= 0,000	p= 0,198
		lang	4,4 ±1,4	4,2 ±0,8	4,4 ±1,2	4,5 ±1,2	9,5 ±1,5	8,3 ±1,9	21,8 ±4,1	12,2 ±2,2			
CK in U/l	A	kurz	268 ±79,7	139 ±25,9	196 ±52,2	122 ±7,8	110 ±27,4	120 ±14,6	122 ±10,3	141 ±19,4	p= 0,376	p= 0,107	p= 0,521
		lang	256 ±81,0	146 ±26,4	109 ±52,2	99 ±7,6	160 ±26,3	116 ±14,3	101 ±9,9	98 ±19,3			
	B	kurz	375 ±129,3	158 ±43,4	131 ±23,0	109 ±10,2	122 ±50,6	102 10,3±	141 ±22,7	205 ±66,5	p= 0,786	p= 0,026	p= 0,472
		lang	354 ±133,5	171 ±44,1	126 ±23,0	93 ±9,8	220 ±46,3	112 ±9,9	101 ±21,4	104 ±59,2			
	C	kurz	108 ±13,5	112 ±11,2	289 ±12,4	139 ±12,3	97 ±10,6	141 ±30,2	112 ±10,1	118 ±8,2	p= 0,128	p= 0,277	p= 0,608
		lang	118 ±13,5	110 11,2±	85 ±12,4	107 ±12,3	90 ±10,6	122 ±30,2	101 ±10,1	95 ±8,6			

Referenzbereich: CK: <200 U/l; Cholesterin: 2,0-4,5 mmol/l

#### 4.6.4 Glutamat-Dehydrogenase (GLDH)

Die Konzentration der GLDH zeigt nur in Teilstichprobe 2 (C) signifikante Unterschiede (Tab. 43). Die Gruppe kurz weist einen signifikant höheren Gesamtmittelwert auf als Gruppe lang. Weiterhin fällt auf, dass sich die Gruppe kurz oberhalb des Referenzbereiches befindet.

Tab. 45: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der GLDH-Konzentration im Blut der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	22,9 ±1,8	16,9 ±2,5	29,9 ±2,8	p= 0,089	p= 0,547	p= 0,005	p= 0,874	p= 0,965	p= 0,903
lang	18,5 ±1,8	19,0 ±2,4	18,0 ±2,8						

Referenzbereich: < 25 U/l

Bei Betrachtung des Verlaufs der GLDH-Konzentration zeigen sich weder in der Gesamtstichprobe noch in den beiden Teilstichproben signifikante Unterschiede zwischen den Versuchswochen (Tab. 44). Die Werte befinden sich während der gesamten Dauer des Versuches oberhalb des Referenzbereichs.

## 4.6 Blutanalytik

Tab. 46: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der GLDH-Konzentration in den einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	17 ±3,7	14 ±4,7	24 ±6,1	25 ±7,2	25 ±5,5	25 ±6,6	23 ±2,7	31 ±3,4	p= 0,089	p= 0,091	p= 0,874
	lang	14 ±3,8	18 ±4,8	20 ±6,1	17 ±6,9	22 ±5,3	17 ±6,5	17 ±2,6	23 ±3,4			
B	kurz	10 ±2,3	11 ±7,6	12 ±5,6	26 ±12,6	15 ±8,0	14 ±2,5	19 ±4,1	30 ±7,6	p= 0,547	p= 0,052	p= 0,965
	lang	12 ±2,3	20 ±7,8	18 ±5,6	18 ±11,8	21 ±7,4	18 ±2,4	18 ±3,8	27 ±6,8			
C	kurz	27 ±8,3	18 ±3,9	31 ±11,9	24 ±3,9	36 ±7,2	37 ±14,0	26 ±3,6	31 ±3,9	p= 0,005	p= 0,259	p= 0,903
	lang	17 ±8,3	16 ±3,9	23 ±11,9	15 ±3,9	22 ±7,2	16 ±14,0	17 ±3,6	20 ±4,1			

Referenzbereich: < 25 U/l

### 4.6.5 $\beta$ -Hydroxybutyrat (BHB)

Die Konzentration der BHB (Tab. 45) zeigt, dass wiederum nur in der Teilstichprobe 2 (C) signifikante Differenzen zwischen den beiden Fütterungsgruppen bestehen. Die Werte liegen sowohl für Gruppe lang als auch für Gruppe kurz innerhalb des Referenzbereiches. Weiterhin fällt auf, dass in Teilstichprobe 2 (C) eine signifikante Wechselwirkung zwischen Fütterungsgruppe und Versuchswoche besteht. Daher kann keine eindeutige Aussage über den Einfluss der Fütterung auf die BHB-Konzentration getroffen werden.

Tab. 47: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der  $\beta$ -Hydroxybutyrat-Konzentration im Blut der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	0,76 ±0,03	0,78 ±0,05	0,70 ±0,05	p= 0,654	p= 0,483	p= 0,027	p= 0,136	p= 0,342	p= 0,009
lang	0,79 ±0,03	0,74 ±0,05	0,86 ±0,05						

Referenzbereich: < 1 mmol/l

Bei Betrachtung des Verlaufs der BHB-Konzentration (Tab. 46) kann festgestellt werden, dass die Gesamtstichprobe (A) und die Teilstichprobe 2 (C) signifikante Differenzen zwischen den einzelnen Versuchswochen aufweisen. Aufgrund der bestehenden Wechselwirkung in Teilstichprobe 2 (C) ist auch hier die Aussagekraft nicht gegeben.

Tab. 48: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der  $\beta$ -Hydroxybutyrat-Konzentration im Blut in den einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	1,13 $\pm 0,20$	0,77 $\pm 0,09$	0,85 $\pm 0,09$	0,65 $\pm 0,05$	0,59 $\pm 0,04$	0,69 $\pm 0,05$	0,61 $\pm 0,05$	0,82 $\pm 0,07$	p= 0,654	p= 0,001	p= 0,136
	lang	1,19 $\pm 0,21$	0,98 $\pm 0,10$	0,62 $\pm 0,09$	0,76 $\pm 0,05$	0,62 $\pm 0,04$	0,72 $\pm 0,05$	0,73 $\pm 0,05$	0,68 $\pm 0,07$			
B	kurz	1,39 $\pm 0,25$	0,88 $\pm 0,11$	0,92 $\pm 0,14$	0,67 $\pm 0,08$	0,61 $\pm 0,07$	0,65 $\pm 0,05$	0,57 $\pm 0,09$	0,57 $\pm 0,11$	p= 0,483	p= 0,061	p= 0,342
	lang	1,00 $\pm 0,26$	0,79 $\pm 0,12$	0,58 $\pm 0,14$	0,71 $\pm 0,08$	0,63 $\pm 0,06$	0,75 $\pm 0,05$	0,69 $\pm 0,09$	0,75 $\pm 0,1$			
C	kurz	0,75 $\pm 0,32$	0,6 $\pm 0,14$	0,75 $\pm 0,12$	0,61 $\pm 0,07$	0,59 $\pm 0,05$	0,73 $\pm 0,10$	0,64 $\pm 0,09$	0,91 $\pm 0,07$	p= 0,027	p= 0,025	p= 0,009
	lang	1,46 $\pm 0,32$	1,24 $\pm 0,14$	0,66 $\pm 0,12$	0,82 $\pm 0,07$	0,61 $\pm 0,05$	0,68 $\pm 0,10$	0,76 $\pm 0,09$	0,64 $\pm 0,07$			

Referenzbereich: < 1 mmol/l

#### 4.6.6 Freie Fettsäuren (NEFA)

Die Konzentration der NEFA zeigt sowohl für die Gesamtstichprobe (A) als auch für die Teilstichprobe 2 (C) einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Fütterungsgruppen (Tab. 51). Die Gruppe lang weist in beiden Fällen eine höhere Konzentration auf als die Gruppe kurz. Beide Fütterungsgruppen befinden sich allerdings im Referenzbereich.

## 4.6 Blutanalytik

Tab. 49: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der NEFA-Konzentration im Blut der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	0,3 ±0,21	0,4 ±0,03	0,2 ±0,03	p= 0,026	p= 0,897	p= 0,000	p= 0,936	p= 0,841	p= 0,740
lang	0,4 ±0,21	0,4 ±0,03	0,3 ±0,03						

Referenzwerte: 0,1-0,5 mmol/l

Sowohl die Gesamtstichprobe (A) als auch die beiden Teilstichproben (B und C) weisen einen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Versuchswochen auf (Tab. 52).

In der Gesamtstichprobe (A) und in der Teilstichprobe 2 (C) ist erkennbar, dass die Gruppe kurz niedrigere Werte aufzeigt als die Gruppe lang.

Tab. 50: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der NEFA-Konzentration im Blut in den einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	0,44 ±0,06	0,50 ±0,08	0,44 ±0,09	0,28 ±0,05	0,18 ±0,02	0,19 ±0,05	0,12 ±0,03	0,15 ±0,04	p= 0,026	p= 0,000	p= 0,936
	lang	0,56 ±0,06	0,48 ±0,08	0,50 ±0,09	0,34 ±0,05	0,23 ±0,02	0,27 ±0,05	0,23 ±0,03	0,21 ±0,04			
B	kurz	0,55 ±0,08	0,66 ±0,12	0,59 ±0,14	0,36 ±0,07	0,23 ±0,04	0,10 ±0,04	0,15 ±0,06	0,18 ±0,05	p= 0,897	p= 0,000	p= 0,841
	lang	0,60 ±0,09	0,52 ±0,12	0,67 ±0,14	0,30 ±0,06	0,25 ±0,04	0,20 ±0,04	0,27 ±0,06	0,16 ±0,05			
C	kurz	0,27 ±0,1	0,25 ±0,09	0,21 ±0,05	0,18 ±0,08	0,14 ±0,03	0,16 ±0,11	0,11 ±0,03	0,14 ±0,05	p= 0,000	p= 0,006	p= 0,740
	lang	0,50 ±0,1	0,43 ±0,09	0,26 ±0,05	0,40± 0,08	0,20± 0,03	0,36± 0,11	0,21± 0,03	0,24± 0,05			

Referenzwerte: 0,1-0,5 mmol/l

### 4.6.7 Harnstoffkonzentration

Die Harnstoffkonzentration im Blut zeigt in der Gesamtstichprobe (A) und in der Teilstichprobe 1 (B) signifikante Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen auf (Tab. 47). Die Gruppe kurz weist in beiden Fällen eine niedrigere Konzentration auf als die Gruppe lang. Beide befinden sich allerdings im Referenzbereich.

Tab. 51: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Harnstoff-Konzentration im Blut der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	5,2 ±0,1	4,8 ±0,2	5,7 ±0,2	p= 0,033	p= 0,003	p= 0,835	p= 0,481	p= 0,480	p= 0,092
lang	5,6 ±0,1	5,5 ±0,2	5,8 ±0,2						

Referenzbereich: < 7,5 mmol/l

Im Verlauf bestehen sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchswochen (Tab. 48). In der Gesamtstichprobe (A) und in der Teilstichprobe 1 (B) zeigt die Gruppe kurz jeweils niedrigere Werte als die Gruppe lang.

## 4.6 Blutanalytik

Tab. 52: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Harnstoff-Konzentration im Blut in den einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	4,6 ±0,3	4,8 ±0,3	4,3 ±0,2	4,5 ±0,2	5,4 ±0,5	5,5 ±0,2	5,8 ±0,7	6,4 ±0,2	p= 0,033	p= 0,000	p= 0,481
	lang	4,7 ±0,3	4,7 ±0,3	4,4 ±0,2	4,6 ±0,2	6,3 ±0,5	6,0 ±0,2	6,7 ±0,6	7,2 ±0,2			
B	kurz	4,6 ±0,3	4,8 ±0,3	4,3 ±0,2	4,5 ±0,2	5,4 ±0,5	5,5 ±0,2	5,8 ±0,6	6,4 ±0,2	p= 0,003	p= 0,000	p= 0,480
	lang	4,7 ±0,3	4,7 ±0,3	4,4 ±0,2	4,6 ±0,2	6,3 ±0,5	6,0 ±0,2	6,7 ±0,6	7,2 ±0,2			
C	kurz	5,3 ±0,5	6,1 ±0,4	5,5 ±0,3	5,0 ±0,3	5,9 ±0,3	5,7 ±0,2	5,8 ±1,0	6,4 ±0,2	p= 0,835	p= 0,000	p= 0,092
	lang	6,1 ±0,5	6,2 ±0,4	5,1 ±0,3	4,9 ±0,3	5,5 ±0,3	5,0 ±0,2	6,4 ±1,0	7,1 ±0,2			

Referenzbereich: < 7,5 mmol/l

### 4.6.8 Billirubinkonzentration

Bei Betrachtung der Billirubinkonzentration ist in der Teilstichprobe 2 (C) ein signifikanter Unterschied zwischen den Fütterungsgruppen erkennbar (Tab 49). Die Gruppe lang weist höhere Werte auf als die Gruppe kurz, beide Gruppen befinden sich jedoch im Referenzbereich.

Tab. 53: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Billirubin-Konzentration im Blut in den einzelnen Versuchswochen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	3,1 ±0,16	3,6 ±0,24	2,2 ±0,15	p= 0,53	p= 0,136	p= 0,037	p= 0,15	p= 0,569	p= 0,064
lang	3,0 ±0,16	3,1 ±0,24	2,7 ±0,15						

Referenzbereich: < 8,5 µmol/l



Bei Betrachtung des Verlaufs der Billirubinkonzentration zeigt sich sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Versuchswochen (Tab 50).

Tab. 54: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Billirubinkonzentration im Blut in den einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	4,7 ±0,8	4,3 ±0,7	4,4 ±0,6	3,2 ±0,3	2,4 ±0,2	1,9 ±0,2	2,0 ±0,2	1,9 ±0,1	p= 0,53	p= 0,000	p= 0,15
	lang	4,4 ±0,8	4,3 ±0,7	3,0 ±0,6	3,2 ±0,3	2,4 ±0,2	2,5 ±0,2	2,1 ±0,2	1,7 ±0,1			
B	kurz	6,6 ±1,1	5,7 ±1,0	5,6 ±0,9	3,5 ±0,5	2,4 ±0,3	1,8 ±0,2	1,7 ±0,2	1,7 ±0,1	p= 0,136	p= 0,000	p= 0,569
	lang	3,7 ±0,3	3,6 ±0,2	3,9 ±0,2	4,4 ±0,2	6,9 ±0,9	6,7 ±0,3	7,1 ±0,6	7,4 ±0,5			
C	kurz	2,0 ±0,6	2,1 ±0,7	2,6 ±0,3	2,7 ±0,3	2,4 ±0,3	1,9 ±0,3	2,2 ±0,3	2,0 ±0,2	p= 0,037	p= 0,005	p= 0,064
	lang	3,4 ±0,6	3,3 ±0,7	2,6 ±0,30	3,0 ±0,3	2,3 ±0,3	3,0 ±0,3	2,2 ±0,3	1,7 ±0,2			

Referenzbereich: < 8,5 µmol/l

## 4.7 Pansensaftanalytik

### 4.7.1 Essigsäurekonzentration

Der prozentuale Essigsäureanteil im Pansensaft weist in der Gesamtstichprobe (A) und in der Teilstichprobe 2 (C) signifikante Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen auf (Tab. 55). Sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in der Teilstichprobe 2 (C) sind die Werte der Gruppe kurz signifikant niedriger als die der Gruppe lang. Beide Gruppen liegen im Referenzbereich.

Bei Betrachtung des Essigsäuregehaltes in mmol/l ist sowohl in der Gesamtheit als auch in Teilstichprobe 1 (B) ein signifikanter Unterschied zu finden. Der Gehalt der Gruppe kurz weist signifikant niedrigere Werte auf als der Gruppe lang.

## 4.7 Pansensaftanalytik

Tab. 55: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Essigsäure-Konzentration im Pansensaft der beiden Fütterungsgruppen

Parameter	Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
					Gruppe			Wechselwirkung		
					A	B	C	A	B	C
Essig- säure- gehalt in %	kurz	61 ±0,3	62 ±0,4	60 ±0,4	p= 0,000	p= 0,223	p= 0,000	p= 0,538	p= 0,46	p= 0,369
	lang	64± 0,3	63 ±0,4	64 ±0,4						
Essig- säure- gehalt in mmol/l	kurz	48± 0,7	47 ±0,9	47 ±0,9	p= 0,05	p= 0,043	p= 0,285	p= 0,204	p= 0,285	p= 0,568
	lang	49 ±0,6	50 ±0,9	49 ±0,9						

Referenzbereiche: 50–65 %

Der Verlauf des prozentualen Anteils an Essigsäure zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Versuchswochen (Tab. 56). Sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) weist die Gruppe kurz niedrigere Werte auf als die Gruppe lang.

Beim Verlauf des Essigsäuregehaltes in mmol/l zeigt sich nur für die Gesamtstichprobe (A) und die Teilstichprobe 2 (C) ein signifikanter Unterschied zwischen den Wochen.

Tab. 56: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Essigsäure-Konzentration im Pansensaft in den einzelnen Versuchswochen

Parameter	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz			
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW	
Essigsäure in %	A	kurz	62 ±0,9	61 ±0,8	62 ±0,8	60 ±1,0	60 ±0,6	64 ±0,7	60 ±0,8	62 ±0,7	p= 0,000	p= 0,000	p= 0,538
		lang	64 ±0,9	63 ±0,8	62 ±0,8	62 ±1,0	63 ±0,6	66 ±0,7	63 ±0,8	65 ±0,7			
	B	kurz	63 ±1,2	63 ±0,9	63 ±1,1	61 ±1,6	60 ±0,6	62 ±0,9	63 ±1,1	63 ±1,3	p= 0,223	p= 0,000	p= 0,46
		lang	64 ±1,2	62 ±0,9	62 ±1,1	62 ±1,6	62 ±0,6	64 ±0,8	63 ±1,0	65 ±1,1			
	C	kurz	59 ±1,1	58 ±1,1	60 ±1,1	59 ±1,1	59 ±1,0	65 ±0,9	58 ±0,8	62 ±0,9	p= 0,000	p= 0,000	p= 0,369
		lang	65 ±1,1	64 ±1,1	62 ±1,1	63 ±1,1	64 ±1,0	68 ±0,9	63 ±0,8	65 ±0,9			
Essigsäure in mmol/l	A	kurz	47 ±1,7	47 ±2,3	42 ±1,7	44 ±1,7	47 ±1,8	52 ±2,0	50 ±1,6	51 ±1,8	p= 0,05	p= 0,000	p= 0,204
		lang	50 ±1,7	49 ±2,4	49 ±1,7	47 ±1,7	45 ±1,7	55 ±1,9	47 ±1,6	53 ±1,8			
	B	kurz	48 ±2,4	47 ±2,9	44 ±2,4	47 ±2,6	47 ±2,7	49 ±2,4	48 ±2,6	48 ±3,4	p= 0,043	p= 0,343	p= 0,285
		lang	50 ±2,3	47 ±3,0	52 ±2,4	50 ±2,1	46 ±2,5	54 ±2,3	45 ±2,4	55 ±3,0			
	C	kurz	44 ±2,4	47 ±3,9	41 ±2,2	41 ±2,5	46 ±2,4	57 ±3,2	51 ±2,0	52 ±2,2	p= 0,285	p= 0,000	p= 0,568
		lang	51 ±2,4	51 ±3,9	44 ±2,2	44 ±2,3	44 ±2,4	56 ±3,2	49 ±2,0	51 ±2,3			

Referenzbereiche: 50–65 %

#### 4.7.2 Propionsäurekonzentration

Der prozentuale Propionsäureanteil und der Propionsäuregehalt in mmol/l im Pansensaft zeigen in der Gesamtstichprobe (A) und in der Teilstichprobe (C) einen signifikanten Unterschied zwischen den Fütterungsgruppen auf (Tab. 57). In beiden Fällen weist die Gruppe lang einen signifikant niedrigeren Wert auf als die Gruppe kurz.

Sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) liegen die Werte des Propionsäureanteils in % insgesamt geringfügig oberhalb des Referenzbereiches.

## 4.7 Pansensaftanalytik

Tab. 57: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Propionsäurekonzentration im Pansensaft der beiden Fütterungsgruppen

Parameter	Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
					Gruppe			Wechselwirkung		
					A	B	C	A	B	C
Propion- säure in %	kurz	23 ±0,3	22 ±0,6	24 ±0,4	p= 0,000	p= 0,133	p= 0,000	p= 0,377	p= 0,257	p= 0,432
	lang	21 ±0,3	21 ±0,6	20 ±0,4						
Propion- säure in mmol/l	kurz	18 ±0,3	17 ±0,4	19 ±0,5	p= 0,001	p= 0,877	p= 0,000	p= 0,029	p= 0,091	p= 0,76
	lang	17 ±0,3	17 ±0,4	16 ±0,5						

Referenzbereich: 15 -20 %

Der Verlauf des prozentualen Propionsäureanteils im Pansensaft zeigt in der Gesamtstichprobe (A) und in der Teilstichprobe 2 (C) einen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Versuchswochen (Tab. 58). Weiterhin fällt auf, dass in beiden Fällen die Gruppe lang niedrigere Werte aufweist als die Gruppe kurz, sich aber beide Fütterungsgruppen durchgehend oberhalb des Referenzbereiches befinden. Dies gilt auch für Teilstichprobe 1 (B).

Tab. 58: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der

Propionsäurekonzentration im Pansensaft der einzelnen Versuchswochen

Parameter	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz			
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW	
Propionsäure in %	A	kurz	23 ±0,8	23 ±0,8	23 ±0,8	24 ±0,9	25 ±0,7	21 ±0,7	23 ±0,7	21 ±0,8	p= 0,000	p= 0,000	p= 0,377
		lang	21 ±0,8	21 ±0,9	23 ±0,8	21 ±0,9	22 ±0,7	19 ±0,7	21 ±0,7	19 ±0,8			
	B	kurz	21 ±1,0	21 ±1,0	21 ±1,0	24 ±1,3	25 ±0,9	22 ±0,9	22 ±1,2	21 ±1,7	p= 0,133	p= 0,09	p= 0,257
		lang	21 ±0,9	21 ±1,1	23 ±1,0	22 ±1,4	22 ±0,9	20 ±0,9	21 ±1,1	20 ±1,5			
	C	kurz	26 ±1,1	27 ±1,2	25 ±1,1	25 ±1,1	24 ±1,2	19 ±0,9	24 ±0,8	21 ±0,9	p= 0,000	p= 0,000	p= 0,432
		lang	20 ±1,1	21 ±1,2	24 ±1,1	21 ±1,0	21 ±1,2	18 ±0,9	21 ±0,8	19 ±0,9			
Propionsäure in mmol/l	A	kurz	17,6 ±1,0	18,0 ±1,2	16,0 ±0,9	18,1 ±1,0	19,2 ±0,8	17,5 ±0,9	19,9 ±1,0	17,6 ±0,9	p= 0,001	p= 0,852	p= 0,029
		lang	16,2 ±1,0	16,7 ±1,2	18,5 ±0,9	16,2 ±1,0	15,4 ±0,8	16,1 ±0,9	15,9 ±0,9	15,2 ±0,9			
	B	kurz	16,2 ±1,3	15,3 ±1,3	15,1 ±1,2	19,0 ±1,5	19,4 ±1,2	17,2 ±1,1	17,3 ±1,5	15,9 ±0,8	p= 0,877	p= 0,438	p= 0,091
		lang	16,4 ±1,3	16,6 ±1,3	19,6 ±1,2	17,8 ±1,6	16,0 ±1,1	17,1 ±2,0	14,8 ±1,4	16,5 ±0,7			
	C	kurz	19,4 ±1,5	21,9 ±2,0	17,2 ±1,5	17,0 ±1,2	19,1 ±1,3	17,0 ±1,6	21,3 ±1,2	18,3 ±1,2	p= 0,000	p= 0,111	p= 0,760
		lang	16,0 ±1,5	16,4 ±2,0	16,9 ±1,5	14,4 ±1,1	14,7 ±1,3	14,9 ±1,6	16,6 ±1,2	14,6 ±1,2			

Referenzbereich: 15-20 %

### 4.7.3 Acetat-Propionat-Quotient

Der Acetat-Propionat-Quotient weist in der Gesamtstichprobe (A) und in der Teilstichprobe 2 (C) signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen auf (Tab. 59). In beiden Fällen weist die Gruppe kurz niedrigere Werte auf als die Gruppe lang.

## 4.7 Pansensaftanalytik

Tab. 59: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte des Acetat-Propionat-Quotienten der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	2,8 ±0,8	2,9 ±0,1	2,6 ±0,1	p= 0,000	p= 0,164	p= 0,000	p= 0,213	p= 0,288	p= 0,546
lang	3,2 ±0,7	3,1 ±0,1	3,3 ±0,1						

Bei Betrachtung des Verlaufs des Acetat-Propionat-Quotienten zeigt sich sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Versuchswochen (Tab. 60).

Tab. 60: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte des Acetat-Propionat-Quotienten in den einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	3,2 ±0,2	3,2 ±0,2	3,1 ±0,2	2,8 ±0,3	2,5 ±0,1	2,9 ±0,2	2,9 ±0,2	3,0 ±0,3	p= 0,000	p= 0,000	p= 0,231
	lang	3,2 ±0,2	3,0 ±0,2	2,8 ±0,2	3,0 ±0,3	2,9 ±0,1	3,3 ±0,2	3,1 ±0,2	3,4 ±0,3			
B	kurz	3,2 ±0,2	3,2 ±0,2	3,1 ±0,2	2,8 ±0,3	2,5 ±0,1	2,9 ±0,2	2,9 ±0,2	3,0 ±0,3	p= 0,164	p= 0,044	p= 0,288
	lang	3,2 ±0,2	3,0 ±0,2	2,8 ±0,2	3,0 ±0,3	2,9 ±0,1	3,3 ±0,2	3,1 ±0,2	3,4 ±0,3			
C	kurz	2,4 ±0,2	2,3 ±0,2	2,5 ±0,2	2,5 ±0,2	2,5 ±0,2	3,5 ±0,2	2,5 ±0,1	3,0 ±0,2	p= 0,000	p= 0,000	p= 0,546
	lang	3,3 ±0,2	3,2 ±0,2	2,7 ±0,2	3,2 ±0,2	3,2 ±0,2	4,0 ±0,2	3,0 ±0,1	3,6 ±0,2			

### 4.7.4 pH-Wert

Der pH-Wert weist in der Gesamtstichprobe (A) und in der Teilstichprobe 2 (C) signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen auf. Gleichzeitig zeigt Tabelle 61, dass in beiden Fällen signifikante Wechselwirkungen zwischen der Fütterung und der Zeit bestehen. Daher kann von keinem gesicherten Einfluss der Fütterung auf den pH-Wert im Pansen

ausgegangen werden. Weiterhin zeigt sich, dass die pH-Werte sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) weit über dem Referenzbereich liegen.

Tab. 61: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte des pH-Wertes im Pansensaft der beiden Fütterungsgruppen

Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
				Gruppe			Wechselwirkung		
				A	B	C	A	B	C
kurz	8,1 ±0,1	8,1 ±0,1	8,1 ±0,1	p= 0,001	p= 0,112	p= 0,006	p= 0,015	p= 0,163	p= 0,008
lang	8,3 ±0,1	8,1 ±0,1	8,4 ±0,1						

Referenzbereich: 6,5-7,4

Betrachtet man den Verlauf des pH-Wertes fällt auf, dass in der Teilstichprobe 1 (B) ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Versuchswochen besteht (Tab. 62). In der Teilstichprobe 2 (C) ist auch ein signifikanter Unterschied zu erkennen. Hier kann aber wegen der auftretenden Wechselwirkung keine gesicherte Aussage getroffen werden.

Sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in den beiden Teilstichproben (B und C) weist Gruppe kurz niedrigere Werte auf als Gruppe lang.

## 4.7 Pansensaftanalytik

Tab. 62: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte des pH-Wertes im Pansensaft in den einzelnen Versuchswochen

	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz		
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW
A	kurz	8,21 ±0,2	7,74 ±0,15	8,38 ±0,16	8,15 ±0,2	8,23 ±0,16	8,07 ±0,13	7,9 ±0,19	7,8 ±0,15	p= 0,001	p= 0,71	p= 0,015
	lang	8,32 ±0,19	8,4 ±0,15	8,3 ±0,16	8,15 ±0,19	8,25 ±0,15	8,12 ±0,13	8,51 ±0,18	8,61 ±0,15			
B	kurz	7,98 ±0,26	7,84 ±0,18	8,28 ±0,22	7,7 ±0,28	8,53 ±0,22	8,00 ±0,18	8,16 ±0,21	8,57 ±0,18	p= 0,112	p= 0,013	p= 0,163
	lang	8,19 ±0,25	8,35 ±0,19	8,22 ±0,22	7,87 ±0,29	8,24 ±0,21	8,09 ±0,18	9,01 ±0,2	8,47 ±0,16			
C	kurz	8,52 ±0,3	7,59 ±0,25	8,15 ±0,25	8,73 ±0,22	7,93 ±0,22	8,16 ±0,18	7,61 ±0,24	7,52 ±0,16	p= 0,006	p= 0,040	p= 0,008
	lang	8,51 ±0,3	8,48 ±0,25	8,43 ±0,25	8,45 ±0,21	8,27 ±0,22	8,17 ±0,18	8,19 ±0,24	8,68 ±0,17			

### 4.7.5 Gesamtfettsäurenkonzentration und Buttersäurekonzentration

Weder in der Gesamtfettsäurenkonzentration noch in dem prozentualen Buttersäureanteil noch im Buttersäuregehalt in mmol/l bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen (Tab. 63). Die Werte befinden sich im jeweiligen Referenzbereich.



Tab. 63: Gesamtmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Gesamtfettsäurenkonzentration und der Buttersäurenkonzentration im Pansensaft der Fütterungsgruppen

Parameter	Gruppe	A	B	C	Signifikanz für den Faktor					
					Gruppe			Wechselwirkung		
					A	B	C	A	B	C
SCFA in mmol/l	kurz	78 ±1,1	76 ±1,4	79 ±1,6	p= 0,919	p= 0,126	p= 0,204	p= 0,089	p= 0,288	p= 0,515
	lang	77 ±1,1	79 ±1,4	76 ±1,6						
Butter- säure- gehalt in %	kurz	13 ±0,1	13 ±0,2	13 ±0,2	p= 0,144	p= 0,958	p= 0,17	p= 0,599	p= 0,457	p= 0,229
	lang	12 ±0,1	13 ±0,2	12 ±0,2						
Butter- säure- gehalt in mmol/l	kurz	10 ±0,2	10 ±0,3	10 ±0,2	p= 0,359	p= 0,273	p= 0,045	p= 0,398	p= 0,938	p= 0,114
	lang	10 ±0,2	10 ±0,3	9 ±0,2						

Referenzbereiche: Gesamtfettsäuren: 60-120 mmol/l;

Buttersäurekonzentration: 10-20 mol%

Im Verlauf der Gesamtfettsäurenkonzentration, des prozentualen Buttersäureanteils und des Buttersäuregehalts in mmol/l (Tab. 64), zeigt sich, dass sowohl in der Gesamtstichprobe (A) als auch in der Teilstichprobe 2 (C) signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchswochen bestehen.

## 4.7 Pansensaftanalytik

Tab. 64: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte des pH-Wertes, der Gesamtfettsäurenkonzentration und der Buttersäurenkonzentration im Pansensaft der einzelnen Versuchswochen

Parameter	Gr.	Versuchswoche								Signifikanz			
		1	2	3	4	8	12	16	20	Gruppe	Woche	WW	
SCFA in mmol/l	A	kurz	76 ±2,9	77 ±3,8	69 ±2,9	75 ±2,9	78 ±2,8	82 ±3,1	85 ±2,9	82 ±2,9	p= 0,919	p= 0,024	p= 0,089
		lang	78 ±2,8	78 ±3,9	79 ±2,9	76 ±2,9	72 ±2,7	84 ±3,1	76 ±2,9	81 ±2,9			
	B	kurz	77 ±4,1	74 ±4,7	70 ±4,2	79 ±3,8	78 ±4,3	78 ±3,7	77 ±4,7	76 ±3,8	p= 0,126	p= 0,385	p= 0,288
		lang	78 ±3,9	77 ±4,8	84 ±4,2	82 ±3,9	74 ±4,0	84 ±3,6	71 ±4,3	85 ±3,4			
	C	kurz	75 ±4,2	82 ±6,5	68 ±3,7	69 ±3,9	78 ±3,7	87 ±5,3	89 ±3,5	85 ±3,6	p= 0,204	p= 0,001	p= 0,515
		lang	79 ±4,2	80 ±6,5	72 ±3,7	70 ±3,8	70 ±3,7	83 ±5,3	79 ±3,5	79 ±3,8			
Buttersäuregehalt in %	A	kurz	12,4 ±0,3	12,6 ±0,4	12,2 ±0,3	12,6 ±0,3	12,4 ±0,3	12,4 ±0,3	13,6 ±0,4	13,5 ±0,4	p= 0,144	p= 0,001	p= 0,599
		lang	12,0 ±0,3	12,3 ±0,4	11,6 ±0,3	13,3 ±0,3	12,7 ±0,3	12,1 ±0,3	13,0 ±0,4	13,1 ±0,4			
	B	kurz	12,9 ±0,5	13,1 ±0,6	12,6 ±0,5	12,6 ±0,4	12,0 ±0,5	12,4 ±0,4	12,0 ±0,6	12,3 ±0,7	p= 0,958	p= 0,741	p= 0,457
		lang	12,0 ±0,4	12,7 ±0,6	11,7 ±0,5	13,0 ±0,4	12,4 ±0,4	12,2 ±0,4	13,0 ±0,6	12,9 ±0,6			
	C	kurz	11,8 ±0,4	11,8 ±0,3	11,7 ±0,4	12,7 ±0,4	12,7 ±0,4	12,4 ±0,5	14,5 ±0,5	13,9 ±0,6	p= 0,017	p= 0,000	p= 0,229
		lang	12,0 ±0,4	11,8 ±0,3	11,6 ±0,4	13,5 ±0,4	11,9 ±0,4	12,0 ±0,5	12,9 ±0,5	13,2 ±0,6			
Buttersäuregehalt in mmol/l	A	kurz	9,4 ±0,4	9,6 ±0,5	8,6 ±0,6	9,5 ±0,5	9,7 ±0,4	10,2 ±0,5	11,8 ±0,7	11,2 ±0,5	p= 0,359	p= 0,003	p= 0,398
		lang	9,5 ±0,4	9,7 ±0,6	9,2 ±0,6	10,1 ±0,5	8,8 ±0,4	10,3 ±0,5	9,9 ±0,6	10,6 ±0,5			
	B	kurz	9,9 ±0,6	9,5 ±0,8	9,1 ±0,9	10,1 ±0,7	9,4 ±0,7	9,7 ±0,7	9,3 ±0,9	9,6 ±0,9	p= 0,273	p= 0,742	p= 0,938
		lang	9,5 ±0,6	9,3 ±0,9	9,9 ±0,9	10,7 ±0,8	9,2 ±0,7	10,4 ±0,6	9,4 ±0,8	11,0 ±0,8			
	C	kurz	8,8 ±0,6	9,7 ±0,8	8,0 ±0,5	8,8 ±0,6	9,9 ±0,5	10,7 ±0,8	13,1 ±0,8	11,7 ±0,7	p= 0,045	p= 0,000	p= 0,114
		lang	9,4 ±0,6	9,4 ±0,8	8,2 ±0,5	9,4 ±0,6	8,3 ±0,5	10,1 ±0,8	10,2 ±0,8	10,4 ±0,7			

Referenzbereiche: Gesamtfettsäuren: 60-120 mmol/l;

Buttersäurekonzentration: 10-20 mol%

#### 4.8. Auswertung der Erkrankungen

In den Tabellen 65–70 sind die Häufigkeiten der Erkrankungen Labmagenverlagerung, Metritis, Ketose, Mastitis, Hypocalcämie und Erkrankungen, welche die Klauen betreffen, nach Häufigkeit aufgeführt. Nur bei Betrachtung der Tabelle 65 zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen. Vor allem die Ergebnisse der Teilstichprobe 1 (B) zeigen für die Gruppe kurz eine eindeutig höhere Häufigkeit des Vorkommens von Labmagenverlagerungen als für die Gruppe lang. Die weiteren Erkrankungen ergeben keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen. In Tabelle 7 ist eine hohe Frequenz (36,6% und 44,8 %) an Klauenerkrankungen für beide Fütterungsgruppen erkennbar.

Tab. 65: Häufigkeiten des Auftretens von Labmagenverlagerungen und deren Signifikanzwerte für die beiden Fütterungsgruppen

Stichprobe	Gruppe	Häufigkeit		Signifikanz
		absolut	Prozentual	
A	kurz	6	20	p=0,003
	lang	2	6,9	
B	kurz	6	33,3	p=0,000
	lang	1	5,9	
C	kurz	0	0	p=0,38
	lang	1	8,3	

Tab. 66: Häufigkeiten des Auftretens von Metritiden und deren Signifikanzwerten für die beiden Fütterungsgruppen

Stichprobe	Gruppe	Häufigkeit		Signifikanz
		absolut	prozentual	
A	kurz	7	23,3	p=0,594
	lang	5	17,2	
B	kurz	5	27,7	p=0,579
	lang	4	23,5	
C	kurz	2	16,7	p=0,38
	lang	1	8,3	

## 4.8 Auswertung der Erkrankungen

Tab. 67: Häufigkeiten des Auftretens von Ketose und deren Signifikanzwerte für die beiden Fütterungsgruppen

Stichprobe	Gruppe	Häufigkeit		Signifikanz
		absolut	prozentual	
A	kurz	3	10	p=0,138
	lang	5	17,2	
B	kurz	1	5,6	p=0,351
	lang	4	23,5	
C	kurz	2	16,7	p=0,38
	lang	1	8,3	

Tab. 68: Häufigkeiten des Auftretens von Mastitiden und deren Signifikanzwerte für die beiden Fütterungsgruppen

Stichprobe	Gruppe	Häufigkeit		Signifikanz
		absolut	prozentual	
A	kurz	5	16,7	p=0,108
	lang	6	20,7	
B	kurz	3	16,7	p=0,056
	lang	5	29,4	
C	kurz	2	16,7	p=0,38
	lang	1	8,3	

Tab. 69: Häufigkeiten des Auftretens von Hypocalcämie und deren Signifikanzwerte für die beiden Fütterungsgruppen

Stichprobe	Gruppe	Häufigkeit		Signifikanz
		absolut	prozentual	
A	kurz	4	13,3	p=0,547
	lang	5	17,2	
B	kurz	4	13,3	p=0,579
	lang	5	17,2	

Tab. 70: Häufigkeiten des Auftretens von Klauenerkrankungen und deren Signifikanzwerte für die beiden Fütterungsgruppen

Stichprobe	Gruppe	Häufigkeit		Signifikanz
		absolut	prozentual	
A	kurz	11	36,6	p=0,522
	lang	13	44,8	
B	kurz	4	22,2	p=0,547
	lang	8	47,1	
C	kurz	7	58,3	p=0,126
	lang	5	41,6	

## 5. Diskussion

Es wird im Moment kontrovers diskutiert, welchen Einfluss die Häcksellänge von Silage, besonders von Maissilage, auf die Strukturwirksamkeit einer Futtermischung hat. Die hochleistende Milchkuh benötigt eine Ration, die ein hohes Energieniveau aufweist, gleichzeitig ausreichend Struktur bietet und in großen Mengen aufgenommen werden kann. Lang gehäckselte Maissilage bietet ausreichend Struktur, es ist jedoch arbeitsintensiver eine qualitativ hochwertige Silage herzustellen. Mit kurz gehäckselter Maissilage ist die Herstellung einer guten Silage weniger aufwendig, aber die Strukturwirksamkeit des Futters leidet. Daraus entwickelt sich die hier bearbeitete Fragestellung, ob Maissilagen mit kurzer Häcksellänge, die leichter silierbar sind, auch genügend strukturwirksame Rohfaser liefern. Die Arbeitshypothese dieser Studie ist zu zeigen, dass in maisbetonten Rationen eine zu kurze Häcksellänge von Maissilage Tiergesundheitsstörungen auslösen kann und dass dieser Effekt über eine Pansenazidose vermittelt wird. Am Modell der kurz gehäckselten Maissilage soll die Bedeutung der subakuten und chronisch-latenten Pansenazidose als ein bedeutender Risikofaktor bei der Entstehung von Tiergesundheitsstörungen in Milchkuhherden aufgezeigt werden.

### 5.1 Futteraufnahme

Es wird angenommen, dass Rationen mit einer kürzeren Häcksellänge eine kürzere Verweildauer im Pansen aufweisen und somit zu einer gesteigerten Futteraufnahme führen (SCHWAB et al., 2002; JOHNSON et al., 2003; BEAUCHEMIN u. YANG, 2005; BHANDARI et al., 2007). DADO u. ALLEN (1995) stellen fest, dass die Verfütterung faserreicher Rationen durch das Pansenvolumen begrenzend auf die Futteraufnahme wirkt. SOITA et al. (2005) sind der Meinung, dass eine Beeinflussung der Futteraufnahme durch die Häcksellänge nur in Fällen mit sehr langer Partikellänge (über 25 mm) auftritt. Die Mehrzahl der Studien stimmt ihnen zu (YANG u. BEAUCHEMIN, 2005; COOKE u. BERNARD, 2005; FERNANDEZ et al., 2004). Auch in den in Deutschland durchgeführten Fütterungsversuchen, inklusive dem hier zu erörternden, konnte keine signifikante Beeinflussung der Futteraufnahme durch die Häcksellänge festgestellt werden (PREISSINGER et al., 2006). Betrachtet man den Verlauf der Futteraufnahme in unserem

## 5.2 Lebendgewicht und Rückenfettdicke

Versuch (Tab. 16) zeigen sich in Gruppe lang (21 mm) sowohl in der Gesamtstichprobe als auch in beiden Teilstichproben Tendenzen einer geringeren Futteraufnahme. Dies ist entweder durch die schlechtere Qualität der lang gehäckselten Maissilage oder durch das Sortierverhalten, welches bei lang gehäckselter Maissilage auftritt und von KONONOFF et al. (2003b) und BHANDARI et al. (2007) beschrieben wird, zu erklären. Über den gesamten Versuchszeitraum ergaben sich große Qualitätsprobleme durch Nacherwärmung und Schimmelbefall bei der längeren Silage. Die Tiere scheinen sich nach drei Wochen adaptiert zu haben.

### 5.2 Lebendgewicht und Rückenfettdicke

Die Betrachtung des Lebendgewichtes und der Rückenfettdicke (RFD) geben Informationen über die energetische Versorgung der Kühe, vor allem am Anfang der Laktation (HÜTTMANN, 2007). Die Lebendmassewägung spiegelt zwar die Veränderung der Protein- und Fettreserven des Körpers wider, eignet sich jedoch nicht so gut zur Beurteilung des Körpermasseabbaus. Sie ist eine sehr variable Größe, da sie auch abhängig von der Futteraufnahme, dem Zeitpunkt der letzten Fütterung und somit des Gewichtes des Verdauungstraktes, und dem Gewicht des Uterusinhaltes ist. Die Messung der Rückenfettdicke eignet sich besser zur Quantifizierung der negativen Energiebilanz zu Beginn der Laktation. STAUFENBIEL (1993) und ROSSOW et. al. (1989) legen fest, dass RFD-Verluste von über 3 mm in den ersten 2 Laktationswochen für eine ausgeprägte negative Energiebilanz sprechen und vermieden werden sollten. In der hier vorliegenden Studie werden diese Richtwerte in Teilstichprobe 1 (B) in beiden Gruppen, unabhängig von der Häcksellänge, überschritten. Dies spricht für eine Unterversorgung mit Energie gerade für die frischabgekalbten Kühe, wobei die Tiere, die die kurze Häcksellänge gefüttert bekommen, einen stärkeren Körperfettabbau zeigen. Diese Gruppe weist auch eine geringere Futteraufnahme in den ersten zwei Wochen der Laktation auf. Nach STAUFENBIEL (1993) und ROSSOW et al. (1989) soll der RFD-Verlust nicht höher als 15 mm sein und eine Rückenfettdicke von 15 mm sollte am konditionellen Tiefpunkt nicht unterschritten werden. SCHRÖDER (2000) weist mittlere Rückenfettdicke-Verluste von 10,3 mm nach und der konditionelle Tiefpunkt liegt bei 11,5 mm. In diesem Fall liegen die mittleren Rückenfettdicke-Verluste deutlich unter den vorher beschriebenen, in der Gesamtheit nur bei 5,4 mm in Gruppe kurz und 7,1 mm in Gruppe lang. In allen Gruppen werden die

angestrebten unteren Referenzwerte von 15 mm (STAUFENBIEL, 1993) und 11,5 mm (SCHRÖDER, 2000) deutlich unterschritten: in der Gesamtstichprobe 6,7 mm in Gruppe kurz und 8,2 mm in Gruppe lang. Die Kühe dieser Studie unterschreiten schon in der ersten Woche (Teilstichprobe 1) den angestrebten Wert von 22-24 mm (STAUFENBIEL, 1997; SCHRÖDER, 2000, KUPSCH; 2006). Die signifikanten Unterschiede in der vorliegenden Studie erklären sich durch die höheren Ausgangswerte des Lebendgewichts als auch der Rückenfettdicke der Gruppe, die die längere Häcksellänge gefüttert bekam. Abschließend ist zu sagen, dass in beiden Gruppen gleichermaßen niedrige Werte der Rückenfettdicke im Beobachtungszeitraum erreicht worden sind.

### **5.3 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe**

Bei einem Strukturmangel entsteht vermehrt Propionsäure im Pansen. Durch die erhöhte Propionsäurekonzentration kommt es zu einem Abfall des pH-Wertes, der wiederum zu einer verminderten Futteraufnahme führt. Die verminderte Futteraufnahme bewirkt gleichzeitig eine geringere Milchleistung. FERNANDEZ et al. (2004), SOITA et al. (2005), COOKE u. BERNARD (2005), YANG u. BEAUCHEMIN (2005 u. 2006), ZEBELI et al. (2005) und BHANDARI et al. (2007) konnten keinen Einfluss der Häcksellänge auf die Milchleistung feststellen. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen einen signifikanten Unterschied der beiden Fütterungsgruppen in der ECM-Leistung. Dieser signifikante Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht jedoch nur in der Teilstichprobe 2, also bei den Kühen, die erst in der 2.- 13. Laktationswoche die differenzierte Fütterung erhielten. Diesen Ergebnissen widersprechen COOKE u. BERNARD (2005), YANG u. BEAUCHEMIN (2005 u. 2006) und ZEBELI et al. (2005), die in ihren Studien zu dem Schluss kommen, dass Kühe später in der Laktation weniger sensibel auf eine Futterumstellung reagieren.

Der Milchfettgehalt ist der eigentlich relevante Milchinhaltsstoff zur Beurteilung einer ausreichenden Strukturversorgung der Kuh, besser gesagt für das Vorliegen einer chronisch-latenten Pansenazidose, hervorgerufen durch einen Strukturmangel (GRANT, 1990). Durch erhöhte Propionsäurekonzentrationen kommt es zu einem Rückgang des Milchfettgehaltes (GRANT, 1990; GRIINARI u. BAUMAN, 1999). Eine erhöhte Konzentration an Propionat im Blut fördert mit Hilfe von Insulin den Fettsatz und reduziert den Transport von Metaboliten für die Milchfettsynthese. Weiterhin bewirkt ein Strukturmangel eine

### 5.3 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

verminderte Azetatfermentation, und es kommt zu einem Mangel an Vorstufen für die Milchfettsynthese (STAUFENBIEL, 2006).

Die Ergebnisse dieses Versuches zeigen einen signifikanten Unterschied der beiden Fütterungsgruppen sowohl im Fettgehalt in Kilogramm als auch im prozentualen Fettgehalt. Die Gruppe mit der langen Häcksellänge zeigt einen signifikant höheren Fettgehalt der Milch als die Gruppe mit der kurzen Häcksellänge. Der Milchfettgehalt ist in diesem Fall ein guter Indikator für einen Strukturangel in dieser Ration. Dies steht im Widerspruch zu den Ergebnissen aus Hohenheim (JUNCK et al., 2005, TAJAJ et al., 2005). Dort bestehen zwar auch signifikante Unterschiede zwischen den drei Gruppen, doch weist die Gruppe mit der kürzesten Häcksellänge einen höheren Milchfettgehalt auf als die Gruppen mit der mittleren und langen Häcksellänge (PREISSINGER, 2006).

JOHNSON et al. (2003) stellten fest, dass es nur bei Kühen in der Frühaktation zu erhöhten Milchfettgehalten kommt, nicht aber bei Kühen in der Mitte oder am Ende der Laktation. Da die Kühe in der hier besprochenen Studie sich alle in der Frühaktation befinden, muss man bei Teilstichprobe 2 (C) von einem relativ späteren Laktationsstadium sprechen. In dieser Teilstichprobe gibt es signifikante Unterschiede sowohl beim Milchfettgehalt als auch beim Fett/Eiweiß-Quotient. Die Tiere, die während des Versuches kalbten, weisen keine Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen auf. Dies lässt sich durch eine gesteigerte Körperfettmobilisation zu Beginn der Laktation erklären (NOCEK, 1997; ENEMARK et al., 2004). Teile des abgebauten Körperfettes werden direkt ins Euter geschleust und dienen dort als Ausgangspunkt für die Fettneusynthese. Bei Betrachtung der Abnahme der Rückenfettdicke in Teilstichprobe 1 (B) fällt auf, dass sowohl Gruppe kurz als auch Gruppe lang eine höhere mittlere Abnahme aufweisen als in der Gesamtstichprobe (A) und der Teilstichprobe 2 (C) (Tab. 16). Dies könnte eine Erklärung für die nicht vorhandenen Unterschiede im Milchfettgehalt in der Teilstichprobe 1 (A) sein.



## 5.4 Wiederkauverhalten

Es wird angenommen, dass eine längere Häcksellänge das Wiederkauverhalten positiv beeinflusst. Durch die längeren Partikel ergibt sich eine erhöhte Strukturwirksamkeit, und es kommt zu einer erhöhten Wiederkauaktivität, was zu einer gesteigerten Speichelproduktion führt. Der vermehrte Pufferzufluss wirkt sich daher positiv auf den pH-Wert im Pansen aus (ULBRICH et al., 2004).

Die Wiederkauaktivität lässt sich auf mehrere Weisen bestimmen: Anzahl der Wiederkauschläge pro Minute, Anzahl der Wiederkauschläge pro Tag, Anzahl der Wiederkauschläge pro Bissen (HAILU JILE, 2003). In dieser Studie wurde die Anzahl der Wiederkauschläge pro Bissen gewählt, da sie praktisch für eine einzelne Person gut zu ermitteln und trotzdem aussagekräftig ist (HAILU JILE, 2003). Weder in der Gesamtheit, noch in Teilstichprobe 1 oder 2 zeigen sich signifikante Unterschiede in der Anzahl der Kauschläge pro Bissen zwischen den beiden Fütterungsgruppen. Die Wiederkauaktivität korreliert zwar stark mit der Partikellänge und somit mit der Strukturwirksamkeit, sie ist jedoch auch von anderen einzeltier-, futtermittel-, fütterungstechnik- und umweltspezifischen Faktoren abhängig (HAILU JILE, 2003). In der vorliegenden Untersuchung wurden stellvertretend für eine Gruppe jeweils nur bei drei Kühen jeder Gruppe die Anzahl der Kauschläge ermittelt. Dies waren nicht immer dieselben Kühe, und es wurde bei der Auswahl der Kühe auch nicht darauf geachtet, ob es sich um Kühe der Teilstichprobe 1 oder 2 handelte. Durch die großen Schwankungen der Anzahl der Wiederkauschläge pro Bissen zwischen den Kühen einer Gruppe, eignet sich das Wiederkauverhalten in diesem Fall nicht zur Strukturbewertung der Ration, da nicht immer dieselben Kühe beobachtet wurden.

Auch ENEMARK et al. (2004) stellten fest, dass die Wiederkauaktivität schwierig zu erheben ist und nicht die gewünschte Aussagekraft, die Pansenfermentation betreffend, besitzt. Um die Wiederkauaktivität als Bewertungskriterium zu nutzen, sollte täglich zur gleichen Zeit bei denselben Kühen die Wiederkauaktivität ermittelt werden. Dies war aus logistischen Gründen leider nicht möglich.

### 5.5. Harnparameter

Eine azidotische Belastung des Säure-Basen-Haushaltes ist durch sinkende pH-Werte, niedrige NSBA und erhöhte Ammoniumkonzentrationen im Harn erkennbar (DIDIK, 1999).

#### 5.5.1 pH-Wert

Der pH-Wert gibt das Maß der freien, ungepufferten Wasserstoffionen wieder und ist stark durch die Fütterung zu beeinflussen. Beim Vorliegen einer Pansenazidose kommt es zu einer systemischen Azidose und zu einem Abfall des Harn-pH-Wertes (KRAFT u. DÜRR, 2005).

Im vorliegenden Versuch sieht man, dass sowohl in der Gesamtheit als auch in Teilstichprobe 1 (B) hochsignifikante Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen bestehen. Die Gruppe mit der langen Häcksellänge weist in beiden Fällen höhere pH-Werte auf als die Gruppe mit der kurzen Häcksellänge. Die Messwerte beider Gruppen befinden sich im Referenzbereich von 7,8–8,4. Nur durch den Vergleich beider Fütterungsgruppen kann eine schlechtere Stoffwechsellage der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge festgestellt werden. In Teilstichprobe 2 ist der durchschnittliche pH-Wert der Gruppe mit der langen Häcksellänge zwar höher als derjenige der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge, es bestehen aber keine signifikanten Unterschiede. Daraus lässt sich schließen, dass die Kühe, die während der Laktation auf die differenzierte Fütterung umgestellt wurden, weniger sensibel auf diesen Wechsel reagierten (JOHSON et al., 2003). Sowohl in der Gesamtheit als auch in beiden Teilstichproben zeigen sich hochsignifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchswochen in beiden Fütterungsgruppen. Die Werte steigen in beiden Fütterungsgruppen in den ersten vier Wochen nach Eintritt, in Teilstichprobe 1 also in den ersten vier Wochen nach dem Kalben, stetig an. Diese Laktationsdynamik wurde auch schon von BENDER (2002) beschrieben. An den letzten vier Proben Tagen weist die Gruppe mit der langen Häcksellänge einen relativ stabilen Wert auf. In der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge kommt es zu erheblichen Schwankungen. Dies ist ein weiterer Hinweis dafür, dass die Kühe der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge trotz physiologischer pH-Werte einer höheren azidotischen Belastung ausgesetzt sind. Es zeigt sich auch, dass es zu keiner Adaptation an die Fütterung kommt.

### 5.5.2 Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung

Die Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA) ist gut geeignet den Säure-Basen-Haushalt einer Kuh zu beurteilen. Die NSBA beschreibt die Differenz der mit dem Harn ausgeschiedenen Säuren und Basen. Da ein Teil der ausgeschiedenen Säuren und Basen durch Puffersubstanzen gebunden sind, wurde die Bestimmung der fraktionierten NSBA gewählt, um auch diese zu ermitteln. Die NSBA zeigt somit auch die Beanspruchung der Pufferkapazitäten an (KRAFT u. DÜRR, 2005).

Bei Betrachtung der Werte dieser Studie zeigt sich für die Gesamtheit ein klares Bild. Beide Fütterungsgruppen haben anfänglich mit der neuen Rationsgestaltung Probleme. Es ist zu bedenken, dass nicht nur Futter mit unterschiedlicher Häcksellänge gefüttert wurde, sondern diesen Kühen mit 85 % Maisanteil des Grundfutters eine sehr maislastige Ration vorgelegt wurde. Man sieht, dass der Durchschnitt der NSBA beider Gruppen anfänglich unterhalb des Referenzbereichs von 107-193 mmol/l (STAUFENBIEL, 1999b) liegt. Über die gesamte Versuchsdauer liegt die NSBA der Gruppe mit der langen Häcksellänge im Mittel 15 mmol/l über der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge. Sehr aufschlussreich ist auch, dass es in beiden Gruppen zu keiner Adaptation an die Fütterung kommt. In beiden Gruppen fällt in den letzten Wochen des Versuches die NSBA wieder deutlich ab. Die Tiere der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge befinden sich während des gesamten Versuches in einer schlechteren, zu Beginn und zum Ende sogar in einer azidotischen Stoffwechsellage. Dies verdeutlicht, dass Futter mit einer kurzen Häcksellänge negativ auf die Stoffwechsellage der Kuh wirkt. In Teilstichprobe 1 (B) zeigt sich eher eine Adaptation an die Fütterung. Eine Erklärung hierfür ist, dass alle Kühe dieser Gruppe die differenzierte Fütterung schon in der Vorbereitungsphase bekamen und sich der Pansen und seine Flora schon vorher an die ungewohnte Fütterung gewöhnen konnten. Nichts desto trotz zeigt sich auch hier zum Ende ein beginnender Abfall der NSBA.

Sehr aufschlussreich ist der Verlauf der NSBA in Teilstichprobe 2. Es fallen die erheblichen Schwankungen in der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge auf. Besonders der Absturz der Werte in der 4. Versuchswoche ist erstaunlich. Ähnliche Veränderungen sind auch in weiteren Harnparametern zu sehen. In dieser Woche ist eine neue Grassilage angebrochen worden. Da eine Beeinflussung der Proben durch Wärme oder eine Änderung der Haltungsbedingungen ausgeschlossen werden kann, ist dies die einzige nachvollziehbare Erklärung.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Bestimmung der NSBA eine gute Möglichkeit darstellt, eine azidotische Stoffwechselsituation der Kühe zu erkennen (FÜRLI et al., 1994b;

## 5.5 Harnparameter

ENEMARK und JORGENSEN, 2000) und dass die kurze Häcksellänge sich negativ auf den Säure-Basen-Haushalt der Kühe auswirkt.

### 5.5.3 Ammoniumkonzentration

Während einer Azidose herrscht ein Wasserstoffionen-Überschuss. Um diesen über den Harn zu eliminieren, werden die überschüssigen Wasserstoffionen in der Niere mit Ammoniak zu unlöslichem Ammonium verbunden und so ausgeschieden (LÖFFLER u. PETRIDES, 1997). Das Ammoniak-Ammonium-System ist das wichtigste Puffersystem der Niere und zeigt eindeutig eine azidotische Belastung des Stoffwechsels an (BENDER, 2002).

Bei Betrachtung der Ammoniumkonzentration im Harn sind sowohl in der Gesamtheit als auch in beiden Teilstichproben signifikant höhere Werte in der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge zu erkennen als in der Gruppe mit der langen Häcksellänge. Die Werte der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge liegen über den gesamten Versuchszeitraum oberhalb des Referenzbereiches. Diese Kühe befinden sich also über den gesamten Versuchszeitraum in einer azidotischen Stoffwechsellage. Auch FÜRLI und KIRBACH (1997) weisen einen Anstieg der Ammoniumkonzentration beim Vorliegen einer Pansenazidose nach. DIDIK (1999) und STAUFENBIEL u. GELFERT (2001) weisen darauf hin, dass erhöhte Ammoniumkonzentrationen auch Zersetzungsprozesse im Harn anzeigen können. Die Harnproben wurden innerhalb von 2 Stunden nach der Probengewinnung bis zur weiteren Untersuchung tiefgefroren. Deshalb kann ein relevanter Einfluss einer Verderbnis ausgeschlossen werden.

### 5.5.4 Elektrolyte

Eine chronisch azidotische Belastung wird von einer vermehrten Kalzium-Ausscheidung begleitet (STAUFENBIEL u. GELFERT, 2001). In diesem Versuch zeigt nur die Gruppe der Frischabgekalbten einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Fütterungsgruppen. Aber auch in den anderen Gruppen zeigt sich, dass die Gruppe kurz tendenziell eine höhere Kalzium-Ausscheidung aufweist.

Ebenfalls die Phosphor-Ausscheidung im Harn weist eine enge Beziehung zum Säure-Basen-Haushalt auf (FÜRLI, 1989). In diesem Fall zeigt nur die Teilstichprobe 2 einen signifikanten

Unterschied. Die Tiere, welche die kurz gehäckselte Maissilage bekamen, zeigen höhere Werte. Dies spricht für eine azidotische Belastung des Stoffwechsels (HOOPS, 2007). In der Gesamtstichprobe weist die Gruppe kurz auch wiederum nur tendenziell eine höhere Phosphor-Ausscheidung auf.

Bei Betrachtung der Magnesiumkonzentration zeigen sich in allen Stichproben signifikante Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen. Die höheren Werte der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge geben einen Hinweis auf eine azidotische Stoffwechsellage dieser Kühe (GAYNOR et al, 1989). Ein weiterer Hinweis für das Vorliegen einer Azidose wäre eine erhöhte Chloridkonzentration (HARTMANN u. MEYER, 1994). In dieser Studie gibt es zum einen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen, zum anderen müsste die Chloridkonzentration erhöht sein, sie befindet sich aber im unteren Referenzbereich bzw. unterhalb des Referenzbereiches.

Nichts desto trotz zeigen die Harnparameter eindeutig, dass die kurze Häcksellänge sich negativ auf den Stoffwechsel der Kühe auswirkt. Die Schwierigkeit liegt darin, dass die Mehrzahl der Werte innerhalb der Referenzbereiche liegen. Somit ist ohne einen Vergleich der beiden Gruppen keine Aussage über einen nachteiligen Einfluss der Häcksellänge auf den Stoffwechsel möglich.

### **5.6 Blutparameter**

Da es keine eindeutigen klinischen Indikatoren für das Vorliegen einer chronisch-latenten Pansenazidose gibt (ENEMARK, 2002), soll mit Hilfe der Blutparameter das Vorliegen einer azidotischen Belastung durch die unterschiedlichen Häcksellängen und deren negative Beeinflussung der Tiergesundheit überprüft werden.

Die Kalzium- und Phosphorkonzentrationen im Serum liefern Hinweise auf das Vorhandensein von chronischen azidotischen Belastungen des Stoffwechsels einer Milchkuh. Es kommt zu einer Erhöhung der Kalziumkonzentration (FÜRL, 1993) und einer Abnahme der Phosphorkonzentration (KRAFT u. DÜRR, 2005). In dieser Studie können, Bezug nehmend auf diese Parameter, keine azidotischen Belastungen des Stoffwechsels beobachtet werden. Die Werte weisen keine signifikanten Unterschiede auf und befinden sich zudem alle im Referenzbereich.

## 5.6 Blutparameter

In diesem Versuch weist die Aktivität des Enzyms ASAT innerhalb der Blutparameter die auffälligsten Veränderungen auf. Die Tiere, die mit der kurz gehäckselten Maissilage gefüttert wurden, weisen in der Gesamtstichprobe und der Teilstichprobe 2 (C) höhere Werte auf. Das Enzym AST befindet sich in unterschiedlicher Aktivität in einer Vielzahl von Zellen und Geweben, vor allem in Herzmuskelzellen und in der Leber (KRAFT u. DÜRR, 2005). Um eine Muskelerkrankung auszuschließen wird der CK-Wert mitbestimmt (KRAFT u. DÜRR, 2005). Die Betrachtung dieser beiden Parameter im Verhältnis lässt in unserem Fall eine Muskelerkrankung ausschließen. Die Werte zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen und befinden sich im Referenzbereich.

Bei Betrachtung der GLDH zeigt sich eine relativ hohe Serumkonzentration für die Gruppe kurz, die sich an der oberen Grenze oder leicht darüber befinden. Dies spricht für eine Belastung der Leber, welche das zentrale Stoffwechselorgan darstellt (LEHWENICH, 1999). Da das Enzym ASAT auch im Zellplasma und in den Mitochondrien lokalisiert ist, kommt es bei Zellnekrosen und Membranschädigungen auch zu einem Anstieg der Aktivität (HARTMANN u. MEYER, 1994). Das bedeutet, dass die kurze Häcksellänge nicht nur einen negativen Effekt auf die Leber hat sondern auch eine Destabilisierung der Zellmembranen bewirkt (STAUFENBIEL, 2006).

Sowohl die Erhöhung der Aktivität der ASAT als auch der GLDH sind von geringem Ausmaß, sodass bei alleiniger Betrachtung der Parameter nicht von einer schweren Zellschädigung auszugehen ist (KRAFT u. DÜRR, 2005).

Das Fehlen der signifikanten Unterschiede in Teilstichprobe 1 (B) lässt sich dadurch erklären, dass diese Tiere während des Versuches kalbten. Es ist nachgewiesen, dass die Aktivität der ASAT bis zu 12 Wochen nach der Kalbung erhöht sein kann (LEHWENICH, 1999). Dies gilt natürlich für beide Fütterungsgruppen. Bei Betrachtung der zwei letzten Proben tage fällt auf, dass die Werte der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge dieser Teilstichprobe ansteigen und sich aus dem Referenzbereich bewegen. Die Werte der Gruppe mit der langen Häcksellänge verbleiben innerhalb des Referenzbereiches wie in der Gesamtstichprobe und der Teilstichprobe 2. Also zeigt sich auch hier eine negative Beeinflussung der Tiergesundheit.

Die Serumkonzentration von  $\beta$ -Hydroxybutyrat zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen. Eine Erhöhung der Konzentration kann für einen Energiemangel im Futter, für eine eingeschränkte Futteraufnahme oder eine Ketose aufgrund einer subklinischen oder chronisch-latenten Pansenazidose sprechen (HOFFMANN, 1992). Auch ein hoher Gehalt an Buttersäure in der Silage kann zu einer Erhöhung des  $\beta$ -Hydroxybutyrats führen (HOFFMANN, 1992). Da sich aus den hier vorliegenden

Ergebnissen eine tendenziell höhere Konzentration für die Gruppe mit der langgehäckselten Maissilage erkennen lässt, könnte dies durch einen erhöhten Buttersäuregehalt in dieser Silage hervorgerufen worden sein. Die Qualität dieser Silage war minderwertig.

Die Konzentration der freien Fettsäuren im Serum gibt Hinweise auf die Fettmobilisation und somit auf das Vorhandensein einer negativen Energiebilanz (KLEISER u. FÜRLL, 1998; HERDT, 2000). In diesem Versuch liegen zwar signifikante Unterschiede vor, aber diese sind wohl eher durch den verstärkten Körperfettabbau der Tiere der Gruppe lang als durch die Fütterung zu erklären.

Eine Abnahme der Harnstoffkonzentration kann auf eine chronische Erkrankung hinweisen (KRAFT u. DÜRR, 2005). Es bestehen signifikante Unterschiede in der Gesamtheit und Teilstichprobe 1 (B). Die Gruppe kurz zeigt in beiden Fällen höhere Werte als die Gruppe lang. Beide befinden sich jedoch im Referenzbereich.

Die restlichen Parameter zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen und die Werte befinden sich in den Referenzbereichen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es keinen Parameter unter diesen Blutparametern gibt, der eindeutig auf eine Pansenazidose schließen lässt. Ein weiteres Problem ist, dass sich die Werte in ihren Referenzbereichen bewegen und somit nur durch einen direkten Vergleich eine Aussage getroffen werden kann. Aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie lässt sich schließen, dass die Fütterung der kurzgehäckselten Maissilage nicht nur zu einem vermehrtem Auftreten von Labmagenverlagerungen sondern auch zu einer Destabilisierung der Körperzellen und somit zu einer negativen Beeinflussung der Tiergesundheit führt, wie schon bei STAUFENBIEL (2006) beschrieben.

## 5.7 Pansenparameter

Das wichtigste diagnostische Mittel zur Erkennung eines Strukturdefizits und somit zur Erkennung einer chronisch-latenten Pansenazidose ist die Pansensaftuntersuchung (GARRETT, 1999). Die Schwierigkeit liegt in der Gewinnung des Pansensaftes. Es gibt viele Untersuchungen zum geeigneten Entnahmezeitpunkt und zur Entnahmetechnik für Pansensaft. JARDON (1995), GARRETT et al. (1999) und ENEMARK et al. (2004) stellten fest, dass der pH-Wert und die Gesamtfettsäurenkonzentration großen Schwankungen innerhalb des Pansens unterliegen. Der pH-Wert weist im ventralen Pansensack einen höheren Wert auf als im dorsalen Pansensack. Die Gesamtfettsäuren- und die NH<sub>3</sub>-Konzentrationen

## 5.7 Pansenparameter

liegen im dorsalen Pansensack höher als im ventralen Pansensack (BRYANT u. ROBINSON, 1968). Daher sollte der Pansensaft möglichst immer an der gleichen Stelle im Pansen entnommen werden. HOLLBERG (1983) und HÖLTERSCHINKEN et al (1992) fanden heraus, dass das pH-Minimum im Pansen ungefähr 2-4 Stunden nach der Futteraufnahme erreicht ist. NORDLUND u. GARRETT (1995) spezifizierten dies auf 2-4 Stunden nach Kraftfuttermahlzeit bei Komponentenfütterung und 4-7 Stunden nach erstmaliger Futtermahlzeit bei TMR-Fütterung. In der hier vorliegenden Studie erfolgte die Pansensaftentnahme circa 4-6 Stunden nach erstmaliger Mahlzeit der TMR.

Es sind viele Methoden zur Pansensaftgewinnung beschrieben worden (DUFFIELD et al., 2004). In den meisten Fällen wird der Pansensaft über eine Maul-Pansensonde gewonnen. Unter den Maul-Pansensonden erweist sich die Sonde nach HAMBURGER als die Beste, da sie im geschlossenen Zustand in den Pansen eingebracht wird. Durch das Gewicht des Sondenkopfes sinkt dieser durch die Faserschicht tief in den Pansensee (ZWICK u. KLEE, 1997). Dort kann die Sonde von außen geöffnet und auch wieder verschlossen werden. Diese Entnahmetechnik reduziert die Verunreinigung durch Speichel um ein Vielfaches (KLEEN et al., 2004).

Der große Nachteil aller Pansensonden, also auch der Sonde nach HAMBURGER, ist die „Blindentnahme“. Es ist nicht möglich den Entnahmeort zu bestimmen, und somit ist auch nicht sicher, dass die Pansensaftprobe immer von der gleichen Stelle genommen wird (NORDLUND u. GARRETT, 1994; DUFFIELD et al., 2004).

Die zwei Alternativen zur Pansensonde sind die operative Einbringung einer Pansenfistel und die Ruminozentese. Die durch eine Fistel entnommenen Proben geben für den Verlauf des pH-Wertes die realistischsten Ergebnisse wieder (DUFFIELD et al., 2004). Die Ruminozentese weist verglichen mit der Pansensonde deutlich tiefere pH-Werte auf (NORDLUND et al., 1995; ENEMARK et al., 2004). Dies ist darauf zurückzuführen, dass es zu keiner Speichelkontamination kommt und die Pansensaftprobe sicher aus dem ventralen Pansensack stammt (NORDLUND u. GARRETT, 1994).

In dieser Studie wurde für die Entnahme des Pansensaftes die Pansensonde nach HAMBURGER gewählt, da sie die Sonde mit der geringsten Speichelkontamination ist. Durch die hohe Anzahl der Tiere kam eine Fistulierung aller Tiere nicht in Frage. Die Ruminozentese war aus zeitlichen und logistischen Gründen nicht realisierbar. Außerdem stellt sie eine sehr invasive Möglichkeit dar und war wegen der häufigen Pansensaftentnahmen keine Option (ENEMARK et al.; 2004.) Obwohl die Ruminozentese als



die bessere Möglichkeit der Pansensaftgewinnung gilt (GARRETT et al., 1999, KLEEN et al., 2003), hat sie sich in der Praxis noch nicht durchgesetzt.

### 5.7.1 pH-Wert und Gesamtfettsäurenkonzentration

Eine unzureichende Strukturversorgung zeichnet sich durch einen vermehrten Anfall von Fettsäuren im Pansen aus. Dadurch kommt es zu einem Abfall des Pansen-pH-Wertes und somit zu einer Pansenazidose. Eine chronisch-latente Pansenazidose definiert sich durch Pansen-pH-Werte von unter 5,5 (DIRKSEN, 1985, NORDLUND et al., 1995, GARRETT et al., 1999). KONONOFF und HEINRICHS (2003a), KONONOFF et al. (2003b), BEAUCHEMIN und YANG (2005) stellen fest, dass die Häcksellänge von Maissilage keinen Einfluss auf den Pansen-pH hat. Dem widersprechen BHANDARI et al. (2007). In ihrem Versuch erhöht sich der Pansen-pH bei kürzerer Häcksellänge.

In der vorliegenden Untersuchung liegen die pH-Werte im Pansensaft sowohl für die Gesamtstichprobe als auch für die beiden Teilstichproben viel höher (Tab. 60 und 61). Mit 8,1 im Mittel für die Gruppe mit der kurzen Häcksellänge und 8,3 im Mittel für die Gruppe mit der langen Häcksellänge liegen die pH-Werte nicht nur nicht, wie erwartet zwischen 5,5 und 6,0, sondern auch weit über den physiologischen Werten von 6,2 – 7,2 (KRAFT und DÜRR, 2005). Der Grund für diese überhöhten Werte konnte nicht eindeutig geklärt werden. Durch die Anwendung der Pansensonde nach HAMBURGER war mit einer geringen Speichelkontamination zu rechnen. Die pH-Werte weisen aber eher auf eine massive Speichelkontamination hin. HÖLTERSCHINKEN et al. (1992) beschreiben, dass die Speichelkontamination einer Probe durch eine niedrige Gesamtfettsäurekonzentration erkennbar ist. Durch eine große Menge an Speichel wird der Pansensaft verdünnt und dadurch ist nur eine niedrige Gesamtfettsäurekonzentration messbar. Die Gesamtfettsäurekonzentrationen der beiden Fütterungsgruppen liegen im unteren Drittel des Referenzbereiches, was wiederum für eine hohe Speichelkontamination sprechen könnte.

JEROCH et al. (1999) beschreiben, dass auch bei niedrigen pH-Werten niedrige Gesamtfettsäurenkonzentrationen möglich sind, denn bei pH-Werten < 6 liegen die Säuren im undissoziierten Zustand vor. In diesem Zustand sind sie lipidlöslich und können somit schneller resorbiert werden. WAGNER (1985) fand heraus, dass je niedriger der Ausgangs-pH-Wert ist desto stärker wirken sich Speichelkontaminationen aus. GEISHAUSER u.

## 5.7 Pansenparameter

MANNHARDT (1994) stellten fest, dass bei einer Speichelkontamination von 20-30 % der pH-Wert um 0,6-1,0 Einheiten ansteigt.

Diese Erkenntnisse zeigen, dass die gemessenen pH-Werte nicht alleine durch hohe Speichelkontamination zu erklären sind. Bei Betrachtung der Gruppenmittelwerte der einzelnen Versuchswochen (Tab. 61) zeigen sich Werte bis 9,01. Dieser Wert lässt sich nicht über eine Speichelkontamination erklären, da reiner Speichel nur pH-Werte von 8,0-8,5 aufweist. ZWICK und KLEE (1997) beschreiben, dass eine Speichelkontamination ab 10 % sensorisch auffällig ist. Bei der Entnahme wurde verstärkt auf sensorische Auffälligkeiten (z.B. Viskosität) geachtet und bei auffälliger Kontamination wurde die Probe verworfen und eine Neue genommen.

Um eine Erklärung für die extrem hohen pH-Werte zu finden, wurden in der Klinik für Klautiere der Freien Universität Berlin bei zwei fistulierten Kühen jeweils eine Probe mit der Pansensonde nach HAMBURGER und eine Probe über die Fistel entnommen. Es stellte sich heraus, dass eine der Kühe eine sehr dicke Fasermatte aufwies und der Sondenkopf per Hand über die Fistel durch diese durchgedrückt werden musste. In beiden Fällen wiesen die mit der Sonde gewonnen Proben einen höheren pH-Wert auf als die über die Fistel gewonnenen. Aber die Unterschiede lagen bei nur 0,3 - 0,5 pH-Einheiten. Um eine Beeinflussung des pH-Wertes durch das Einfrieren auszuschließen, wurden die Proben eingefroren. Es stellte sich heraus, dass der pH-Wert nach Auftauen der Proben höhere Werte aufwies als vorher. Die Unterschiede betragen zwischen 0,9 und 1,2 pH-Einheiten. Eventuell wäre das Verhalten des pH-Wertes nach Einfrieren eine mögliche Erklärung für die sehr hohen pH-Werte.

Da die Gesamtfettsäurenkonzentration sowohl von der Bildung im Pansen, von der Abbau- und Resorptionsgeschwindigkeit aus dem Pansen als auch vom Entnahmeort abhängt, ist es möglich, trotz intensiver Fettsäurenbildung, keine hohen Gesamtfettsäurenkonzentrationen im Pansensaft nachzuweisen. Daraus folgert DIRKSEN (1985), dass das Fettsäurenmuster der aussagekräftigere Parameter ist.

### 5.7.2 Fettsäurenmuster

In einem physiologisch arbeitenden Pansen weist Essigsäure anteilmäßig die größte Konzentration (50-65 mol%) auf, gefolgt von Propionsäure (15-20 mol%) und Buttersäure

(10-20 mol%) (KRAFT u. DÜRR, 2005). Propionsäure wird als die Komponente im Pansen bezeichnet, die den größten Einfluss auf den pH-Wert besitzt (ENEMARK et al, 2004).

Bei Betrachtung des Fettsäurenusters des Pansensaftes dieser Untersuchung zeigt sich, dass die typischen Veränderungen einer gestörten Pansenverdauung gegeben sind. Die Gruppe, die mit Maissilage langer Häcksellänge gefüttert wurde, weist in der Gesamtheit und in Teilstichprobe 2 höhere prozentuale Anteile an Essigsäure auf als die Gruppe, die mit Maissilage kurzer Häcksellänge gefüttert wurde. Im Gegensatz dazu sind die prozentualen Anteile an Propionsäure in der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge höher als in der Gruppe mit der langen Häcksellänge. Außerdem befinden sich die Werte des prozentualen Anteils der Propionsäure sowohl in der Gesamtstichprobe als auch in den Teilstichproben oberhalb des Referenzbereiches. Der Acetat-Propionat-Quotient liegt in der Gesamtheit und in Teilstichprobe 2 (C) für die Gruppe mit der kurzen Häcksellänge unterhalb der Werte der Gruppe mit der langen Häcksellänge. Dies spricht für ein engeres Verhältnis zwischen Acetat und Propionat in der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge und deutet auf eine schlechtere Rohfaser- bzw. Strukturversorgung in dieser Gruppe hin. Zu den gleichen Ergebnissen kommen auch KRAUSE et al. (2002b) und KONONOFF und HEINRICHS (2003b). Interessant ist, dass sich beide Fütterungsgruppen im prozentualen Anteil an Propionsäure etwas oberhalb des Referenzbereiches befinden. Daraus kann man schließen, dass nicht nur die Länge des Grundfutters sondern auch die Art des Grundfutters eine Rolle fürs Fettsäurenmuster spielt. In keinem der Pansenparameter treten signifikante Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen in Teilstichprobe 1 (B) auf (Tab. 54 – 58). Möglicherweise hängt dies damit zusammen, dass die Kühe der Teilstichprobe 1 schon in der Vorbereitungsfütterung die differenzierte Fütterung erhielten. Die Vorbereitungsfütterung

## 5.8 Häufigkeit von Erkrankungen

beeinflusst die Pansenfermentation maßgeblich. In dieser Zeit werden die Mikroorganismen und die Pansenschleimhaut auf die Ration vorbereitet.

Abschließend ist zu sagen, dass weder die Werte des pH-Wertes und der Gesamtfettsäurenkonzentration noch das Fettsäurenmuster auf eine Pansenazidose hinweisen. Im Fettsäurenmuster zeigt sich nur durch den Vergleich der beiden Fütterungsgruppen ein Hinweis auf eine veränderte Pansenfermentation in der Gruppe mit der kurz gehäckselten Maissilage.

Das Vorliegen einer chronisch-latenten Pansenazidose kann somit nicht festgestellt werden.

### **5.8 Häufigkeit von Erkrankungen**

Die Verlagerung des Labmagens ist eine multifaktorielle Erkrankung (WOLF, 2001) Sie tritt vornehmlich in den ersten vier Wochen post partum auf (JUBB et al., 1991; DETILLEUX et al., 1997), weswegen für diesen Parameter nur Teilstichprobe 1 von Bedeutung ist. Hier fällt auf, dass in der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge 33% Labmagenverlagerungen vorkamen, wobei es in der Gruppe mit der langen Häcksellänge nur 6% waren. In absoluten Zahlen bedeutet das 6 von 18 Kühen in der Gruppe mit der kurzen und 1 von 17 Kühen in der Gruppe mit der langen Häcksellänge (Tab. 66). Es gibt viele Ursachen wie es zu einer Labmagenverlagerung kommen kann. So spielen mechanische und genetische Faktoren, das Alter, die Laktationszahl, die Milchleistung, der Geburtsverlauf und vor allem die Fütterung eine Rolle (WOLF, 2001). CONSTABLE et al. (1992) und FÜRLL u. KRÜGER (1999b) stellten fest, dass durch eine verminderte Futteraufnahme der Pansen nicht genügend gefüllt ist und somit die Barrierefunktion des Pansens nicht mehr gegeben ist. WOLF (2001) stellte fest, dass eine Pansenazidose, hervorgerufen durch eine strukturarme oder kohlenhydratreiche Fütterung, die Funktionsfähigkeit des Pansens einschränkt und somit auch Platz schafft für eine Labmagenverlagerung.

Das gehäufte Vorkommen von Labmagenverlagerungen in Gruppe kurz zeigt eindeutig eine negative Beeinflussung der Tiergesundheit durch die kurze Häcksellänge.

### **5.9 Mikrobielle Pansenfunktionsstörung statt Pansenazidose?**

Je kraftfutterreicher die Rationen werden und je mehr sie sich der minimalen Grenze im Rohfaserangebot nähern, umso wichtiger wird neben der genauen Rationskalkulation eine Kontrolle und Überwachung der Rationswirkung am Tier (MAHLKOW-NERGE, 2002). Zur Erkennung einer subakuten oder chronisch-latenten Pansenacidose ist das besonders wichtig, da deren Hauptursachen in einem Überangebot an leichtfermentierbaren Kohlenhydraten und einem Mangel an strukturwirksamer Rohfaser zu sehen sind. Die chronisch-latente Pansenazidose tritt weltweit in Milchviehbeständen auf (DIRKSEN et al., 2002). Eine eindeutige Diagnosestellung erweist sich als schwierig, da keine eindeutigen klinischen Anzeichen auftreten. Es gibt verschiedene Hinweise für das Vorhandensein von chronisch-latenter Pansenazidose in einer Herde, wie zum Beispiel die Milchinhaltsstoffe, das Wiederkauverhalten, die Pansenparameter, die Harnparameter und die allgemeinen Gesundheitsparameter (ENEMARK, 2002).

Anhand des vermehrten Auftretens von Labmagenverlagerungen und der erhöhten ASAT-Aktivität ist ein negativer Einfluss der kurzgehäckselten Maissilage deutlich erkennbar. Dieser negative Effekt wird über den Weg einer azidotischeren Stoffwechsellage dieser Kühe bewirkt. Doch lässt sich diese Verschiebung des Säuren-Basen-Haushaltes nicht, wie vermutet, durch das Vorhandensein einer subakuten bzw. chronisch-latenten Pansenazidose erklären. Die Unterschiede beider Fütterungsgruppen werden durch die Strukturwirksamkeit der Rohfaser, in diesem Fall durch die Häcksellänge, hervorgerufen. Die Mikroorganismen des Pansens benötigen einen Mindestbedarf an pansenmotorisch wirksamer Rohfaser. Wenn dieser nicht gegeben ist, kommt es zu mikrobiellen Pansenfunktionsstörungen (ULBRICH et al, 2004). Da in den meisten Fällen die Pansenazidose die Hauptursache für eine mikrobielle Pansenfunktionsstörung war, wurden in der Regel beide Erkrankungen gleichgestellt.

Wie sich in dieser Studie zeigt, können beide Erkrankungen auch unabhängig voneinander auftreten. Dies verdeutlicht eine Hypothese von STAUFENBIEL (2006):

Besteht die Futterr ration einer Kuh zu 100% aus Heu und 0% aus Getreideschrot, wird der Pansen problemlos arbeiten. Wird das Heu zunehmend durch Getreideschrot ersetzt, entwickelt sich mit dem steigenden Getreideanteil eine Pansenazidose. Die Kuh wird ab einem bestimmten Getreideschrotanteil, spätestens bei ausschließlicher Getreideschrotfütterung (100%), an der Pansenazidose sterben. Die üblichen Laborparameter im Harn werden die Azidose durch eine deutliche Auslenkung sicher anzeigen. Für diese Situation stimmt das Denkmodell der Pansenazidose widerspruchsfrei. Der Fütterungsfehler

## 5.9 Mikrobielle Pansenfunktionsstörung statt Pansenazidose?

führt zu der bekannten Erkrankung einer Pansenazidose, die Laborparameter und das Tier reagieren erwartungsgemäß.

Wird das Heu anstatt durch Getreideschrot durch Sodagrain (mit Natriumlauge behandeltes Getreide) ersetzt, wird die Kuh ebenfalls ab einem bestimmten hohen Anteil an diesem behandelten Getreide sterben. Die Kuh stirbt aber nicht an der Natronlauge, sondern an den überhöhten Getreideanteil bei zu geringer Heugabe. Damit besteht vom Wesen her kein Unterschied zur Getreideschrotfütterung. Aber bei Sodagrainfütterung reagieren die labordiagnostischen Untersuchungsgrößen nicht in Richtung einer Azidose, sondern umgekehrt in Richtung einer Alkalose. Die bekannten labordiagnostischen Parameter im Harn, aber auch im Blut und im Pansensaft sind nicht in der Lage, diese Störung wiederzugeben. Im Gegenteil, da sie in Richtung einer Alkalose ausgelenkt sind, können sie zu Fehlschlüssen verleiten. Da aber tatsächlich keine azidotische Stoffwechsellage vorhanden ist, kann diese Situation nicht unter dem Begriff einer Pansenazidose gefasst werden, obwohl in beiden Fällen die Todesursache der Kuh vom Wesen her die Gleiche ist.

In der modernen Milchviehfütterung kommt es im Gegensatz zur klassischen Pansenazidose zu einer Kombination aus azidotischer Fütterung (Rohfasermangel und überhöhte Gabe von leicht verdaulichen Kohlenhydraten) und der Aufnahme alkalischer Substanzen, wie Sodagrain, Kalium, Protein oder Pansenpuffer. So wird die azidotische Stoffwechsellage durch diese Komponenten abgepuffert und die Diagnostik stellt sich als sehr schwierig dar (STAUFENBIEL, 2006). Folglich kann eine mikrobielle Pansenfunktionsstörung sowohl mit einer azidotischen, einer alkalischen oder keiner Veränderung des Säure-Basen-Haushaltes einhergehen. Dies macht die Diagnose einer mikrobiellen Pansenfunktionsstörung sehr schwierig. Es ist jedoch wichtig sie als eigenständige Störung unabhängig vom Säuren-Basen-Haushalt wahr zu nehmen. Obwohl beide Störungen getrennt voneinander ablaufen, werden die Parameter zur Erkennung von Störungen des Säuren-Basen-Haushaltes verwendet, da ein zuverlässiger, labordiagnostischer Parameter zur Erkennung der mikrobiellen Pansenfunktionsstörung noch fehlt. Bei der Interpretation dieser Parameter sollten neben dem Gehalt an Stärke/Zucker und dem Gehalt an strukturierter Rohfaser auch die alkalisch wirksamen Rationskomponenten berücksichtigt werden.

Auf Grund der genannten Veränderungen in der Fütterung der Hochleistungskühe ist davon auszugehen, dass mikrobielle Pansenfunktionsstörungen in Kombination mit einem ungestörten oder sogar in den alkalischen Bereich verschobenen Säuren-Basen-Haushalt weit verbreitet sind und wesentlich zu einer instabilen Gesundheit und Fruchtbarkeit in den Herden beitragen (STAUFENBIEL, 2006).

## 6. Schlussfolgerungen

- 1) Die Häcksellänge von Maissilage hat einen signifikanten Einfluss auf die Tiergesundheit, unter anderem auf die Häufigkeit von Labmagenverlagerungen.
- 2) Kürzere Häcksellängen von Maissilage verschieben den Säuren-Basen-Haushalt in eine azidotischere Richtung. Allerdings muss nicht in jedem Fall der für eine Pansenazidose und eine azidotische Stoffwechsellage kennzeichnende pathologische Wertebereich erreicht werden. Die gesundheitsschädigende Wirkung einer kurzen Maisilage wird in erster Linie über die mikrobielle Pansenfunktionsstörung bewirkt.
- 3) Die Störungen im Säuren-Basen-Haushalt sind getrennt von der mikrobiellen Pansenfermentationsstörung zu betrachten. Mikrobielle Pansenfunktionsstörungen destabilisieren in hohem Maße unabhängig von einer möglichen begleitenden azidotischen oder alkalotischen Stoffwechsellage als selbständiger Störfaktor die Tiergesundheit.
- 4) Die Diagnostik von Veränderungen im Säuren-Basen-Haushalt ist über die Harnuntersuchung in guter Qualität sichergestellt. Für die Diagnostik der mikrobiellen Pansenfunktionsstörung fehlen bisher aussagekräftige Untersuchungsgrößen.
- 5) Auf Grund dieser diagnostischen Lücke bleibt die mikrobielle Pansenfunktionsstörung als wichtige Ursache für Fruchtbarkeitsstörungen, verschiedene Erkrankungen und erhöhte Abgangsraten häufig unerkannt.
- 6) Es gibt keine allgemeingültige, konstante Angabe für die optimale Häcksellänge von Maissilage.

## 6. Schlussfolgerungen

- 7) Die Festlegung der optimalen Häcksellängen von Maissilage muss verschiedene Einflussfaktoren berücksichtigen und stellt immer einen Kompromiss dar. Kurze Häcksellängen unterstützen den Siliererfolg, längere Häcksellängen wirken über eine bessere Strukturwirksamkeit positiv auf die Tiergesundheit.
- 8) Ein systematisch geordneter Katalog der Einflussfaktoren sollte als Entscheidungshilfe für die Festlegung der optimalen Häcksellänge für die Maissilierung erarbeitet werden.
- 9) Bis zum Vorliegen eines solchen Kataloges kann den Empfehlungen von Pieper (2006) zugestimmt werden:
  - 8-10 mm bei Normalschnitt bzw. bei trockenem Mais;
  - 15-20 mm bei Hochschnitt bzw. feuchtem Mais.



## 7. Zusammenfassung

Der Einfluss der Häcksellänge von Maissilage auf Futteraufnahme, Milchleistung, Fruchtbarkeit und das Auftreten bestimmter Erkrankungen wird derzeit kontrovers diskutiert. Es soll geprüft werden, ob eine kurze Häcksellänge eine Pansenazidose auslöst und über diesen Weg die Tiergesundheit negativ beeinflusst wird.

Über einen Zeitraum von 5 Monaten wurden zwei Milchkuhgruppen eine TMR vorgelegt, die sich nur in der Häcksellänge der Maissilage unterschied (kurze Häcksellänge = 5 mm, lange Häcksellänge = 21 mm). 30 Kühe bekamen die TMR mit der kurz gehäckselten Maissilage und 29 Kühe bekamen die TMR mit der lang gehäckselten Maissilage. In diesem Zeitraum wurden täglich die Futteraufnahme, die Milchleistung und das Körpergewicht gemessen. Alle zwei Wochen erfolgte die Bestimmung der Milchinhaltsstoffe. Die Kennzahlen der Fruchtbarkeit und die Art und Häufigkeit der Erkrankungen wurden über den gesamten Zeitraum dokumentiert. Das Wiederkauverhalten wurde zweimal in der Woche ermittelt. Während der ersten vier Wochen wurden wöchentlich, danach im Vierwochenabstand Blut-, Harn und Pansensaftproben entnommen.

Für die Futteraufnahme, die Milchleistung und die Fruchtbarkeit sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen nachweisbar.

In den Harnergebnissen zeigt die Gruppe mit der kurzgehäckselten Maissilage eine azidotischere Stoffwechsellage im Vergleich zu der Gruppe, die die lange Maissilage erhielt. Die Werte der Gruppe mit der kurzgehäckselten Maissilage verblieben dennoch im physiologischen Bereich.

Mit 33,3 % zeigt die Gruppe mit der kurzen Häcksellänge ein signifikant häufigeres Auftreten von Labmagenverlagerungen als die Gruppe mit der langen Häcksellänge (6 %). Auch die Aktivität der ASAT ist in der Gruppe mit der kurzen Häcksellänge signifikant höher und zeitweilig oberhalb des Referenzbereiches. All dies spricht für einen negativen Einfluss der kurzen Häcksellänge auf die Tiergesundheit.

Bei Betrachtung der Ergebnisse der Pansensaftuntersuchungen zeigen sich jedoch weder signifikante Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen noch irgendwelche Anzeichen für das Vorliegen einer Pansenazidose. Daraus lässt sich schließen, dass die kurze Häcksellänge die Tiergesundheit zwar negativ beeinflusst, dies aber nicht, wie erwartet auf Grund einer Pansenazidose geschieht. Durch den Mangel an strukturierter Rohfaser in der TMR mit der kurzen Maissilage kommt es zu einer mikrobiellen Pansenfunktionsstörung, die nicht mit einer Pansenazidose gleichgesetzt werden darf.

### **8. Summary**

#### **The influence of the chop length of corn silage on the overall health of milk cows**

The influence of the chop length of corn silage on feed intake, milk yield, fertility and the incidence of certain diseases is discussed controversially. In this study, we tested the hypothesis that the chop length of corn silage has an influence on ruminal fermentation processes, creating a ruminal acidosis and therefore having a negative effect on the cows health.

Over a period of five months, two groups of cows in milk were fed a TMR which differed only in the chop length of the corn silage (short corn silage = 5 mm, long corn silage = 21 mm). 30 cows were fed the short and 29 cows were fed the long corn silage. The data on fertility and the overall health of the cows was taken from the herd management program. Milk yield, feed intake and body weight were measured daily; milk composition was measured every two weeks. Twice a week chewing activity was determined. During the first four weeks blood, urine and rumen fluid samples were taken once a week. After the first four weeks, the samples were taken every four weeks until the 20<sup>th</sup> week.

Feed intake, milk yield and fertility showed no significant differences between the two feeding groups.

The laboratory evaluations showed significant differences between the groups in several values. The group fed the short corn silage showed a more acidotic metabolic status than the group fed the long corn silage. Both groups lay within the reference value.

The group fed the short corn silage shows a significantly higher frequency of displaced abomasums (33 % versus 6 %) and a higher activity of ASAT than the group fed the long corn silage. At certain times the ASAT values were above the reference value. Therefore, it can be said that the short chop length has a negative influence on the animal health.

The results of the ruminal fluid examination show neither significant differences between the two groups nor signs of a ruminal acidosis.

Thus, we conclude that the short chopped corn silage has a negative affect on the cows. However this is not caused by a ruminal acidosis, but rather by a microbial ruminal dysfunction caused by the lack of effective fiber in the ration with the short corn silage.

## 9. Literaturverzeichnis

Allen, M.S.; 1995

Fiber requirements for dairy cattle: If you're not confused, you don't understand. 10<sup>th</sup> Annual Southwest Nutrition and Management Conference Proceedings, Ahwatukee, Arizona;

Allen, M.S.; 1997

Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. J Dairy Sci 80, 1447-1462.

Armentano, L.; Pereira, M.; 1997

Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. J Dairy Sci 80, 1416-1425.

Bal, M.A.; Shaver, R.D.; Jirovec, A.G.; Shinnors, K.J.; Coors, J.G.; 2000

Crop processing and chop length of corn silage: effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. J Dairy Sci 83, 1264-1273.

Balch, C.C.; 1971

Proposal to use time spent chewing as an index of the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristic of roughages. Br J Nutr 26, 383-392.

Barber, M.C.; Clegg, R.A.; Travers, M.T.; Vernon, R.G.; 1997

Lipid metabolism in the lactating mammary gland. Biochim Biophys Acta 1347, 101-126.

Bauman, D.E.; Griinari, J.M.; 2001

Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. Livest Prod Sci 70, 15-29.

Beauchemin, K.A.; Farr, B.I.; Rode, L.M.; Schaalje, G.B.; 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.

## 9. Literaturverzeichnis

Beauchemin, K.A.; Yang, W.Z.; 2005

Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *J Dairy Sci* 88, 2117-2129.

Beauchemin, K.A.; Yang, W.Z.; Rode, L.M.; 2003

Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. *J Dairy Sci* 86, 630-643.

Bender, S.; 2002

Einsatz der Harnuntersuchung zur Beurteilung des Säure-Base- und Mineralstoffhaushaltes im Rahmen der prophylaktischen Bestandsbetreuung von Milchviehherden. *Vet Med Diss*, Berlin

Bhandari, S.K.; Ominski, K.H.; Wittenberg, K.M.; Plaizier, J.C.; 2007

Effects of chop length of alfalfa and corn silage on milk production and rumen fermentation of dairy cows. *J Dairy Sci* 90:2355-2366

Bryant, M.P.; Robinson, I.M.; 1968

Effects of diet, time after feeding, and position sampled on numbers of viable bacteria in the bovine rumen. *J Dairy Sci* 51, 1950-1955.

Buckmaster, D.M.; 2000

Particle size in dairy cows. *Recent advances in animal nutrition*, P.C. Garnsworthy and J. Wiseman, ed Nottingham University Press, Nottingham, UK, 109-128.

Calberry, J.M.; Plaizier, J.C.; Einarson, M.S.; McBride, B.W.; 2003

Effects of replacing chopped alfalfa hay with alfalfa silage in a total mixed ration on production and rumen conditions of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 86, 3611-3619.

Cardoza, R.S.; 1985

Threshold size and factors affecting fecal particle weight distribution. M.S. Thesis, University of Georgia.

Clark, P.W.; Armentano, L.E.; 1993

Effectiveness of neutral detergent fiber in whole cottonseed and dried distillers grains compared with alfalfa haylage. J Dairy Sci 76, 2644-2650.

Clark, P.W.; Armentano, L.E.; 1999

Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in corn silage. J Dairy Sci 82, 581-588.

Clark, P.W.; Armentano, L.E.; 2002

Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in alfalfa silage. J Dairy Sci 85, 3000-3007.

Constable, P.D; Miller, G.Y; Hoffsis, G.F.; Hull, B.L.; Rings, D.M.; 1992

Risk factors for abomasal volvulus and left abomasal displacement in cattle. Am J Vet Res 53, 7, 1184-1192

Cooke, K.M.; Bernard, J.K.; 2005

Effect of length of cut and kernel processing on use of corn silage by lactating dairy cows. J Dairy Sci 88, 310-316.

Dado, R.G.; Allen, M.S.; 1995

Intake limitations, feeding behaviour and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. J Dairy Sci 78: 118-133

D.L.G., e.V.; 2001

Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh, Vol 2. Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft e.V., 46 p

Davis, C.L.; Brown, R.E.; 1970

Low-fat milk syndrome. Oriel Press Limited, Newcastle upon Tyne, 545-565

De Boever, J.L.; De Brabander, D.L.; De Smet, A.M.; Vanacker, J.M.; Boucque, C.V.; 1993

Evaluation of physical structure. 2. Maize Silage. J Dairy Sci 76, 1624-1634.

## 9. Literaturverzeichnis

De Brabander, D.L.; De Boever, J.L.; De Smet, A.M.; Vanacker, J.M.; Boucque, C.V.; S.M.B., 1999

Evaluation of physical structure in dairy cattle nutrition. In Recent Advances in Animal Nutrition, 111-145. P.C. Garnsworthy and J. Wiseman (Eds); Nottingham University Press

Detilleux, J.C.; Gröhn, Y.T.; Eicker, S.W.; Quaas, R.L.; 1997

Effects of left displaced abomasum on test day milk yields of Holstein cows. J Dairy Sci 80, 121-126

Dhiman, T.R.; Bal, M.A.; Wu, Z.; Moreira, V.R.; Shaver, R.D.; Satter, L.D.; Shinnors, K.J.; Walgenbach, R.P.; 2000

Influence of mechanical processing on utilization of corn silage by lactating dairy cows. J Dairy Sci 83, 2521-2528.

Didik, T; 1999

Untersuchungen zu metabolischen Effekten von Natriumbikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) in Milchkuhrationen. Diss Vet Med, Berlin

Dirksen, G.; 1985

Der Pansenazidose-Komplex--neuere Erkenntnisse und Erfahrungen (1). Eine Übersicht. Tierarztl Prax 13, 501-512.

Dirksen, G.; Gründer, H.D.; Stöber, M.; 2002

Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. Parey in Blackwell Verlag GmbH, Berlin-Wien.

Dixon, R.M.; Milligan, L.P.; 1981

Turnover of small particles in the rumen. Can. J. Anim. Sci. 61, 1108.

Duffield, T.; Plaizier, J.C.; Fairfield, A.; Bagg, R.; Vessie, G.; Dick, P.; Wilson, J.; Aramini, J.; McBride, B.; 2004

Comparison of techniques for measurement of rumen pH in lactating dairy cows. J Dairy Sci 87, 59-66.

Eastridge, M.L.; 2006

Major advances in applied dairy cattle nutrition. J Dairy Sci 89, 1311-1323.

Enemark, J.M.; Jorgensen, R.J.; Kristensen, N.B.; 2004

An evaluation of parameters for the detection of subclinical rumen acidosis in dairy herds. Vet Res Commun 28, 687-709.

Enemark, J.M.; Peters, G.; Jorgensen, R.J.; 2003

Continuous monitoring of rumen pH - a case study with cattle. J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med 50, 62-66.

Enemark, J.M.D; Jorgensen, R.J.; 2000

Bestemmelse af netto syre-base ekskretion; kvaegurint: teori og praksis; Dansk veterinaertidschrift 83: 6-11

Erdmann, R.A.; 1988

Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: A review. J Dairy Sci 71, 3246-3266.

Fernandez, I.; Martin, C.; Champion, M.; Michalet-Doreau, B.; 2004

Effect of corn hybrid and chop length of whole-plant corn silage on digestion and intake by dairy cows. J Dairy Sci 87, 1298-1309.

Fürll, M.; Krüger, M.; 1999

Alternative Möglichkeiten zur Prophylaxe der Dislokatio abomasi (DA) beim Rind. Prakt. Tierarzt, Colleg. Vet XXIX, 81-90

Fürll, M.; Kirbach, H.; 1997

"Neues" zur Harnreaktion (NSBA) bei Wiederkäuern. In: 6. Jahrestagung der Fachgruppe "Innere Medizin und Klinische Labordiagnostik", München, 05.-09.03.1997.

Fürll, M.; Schäfer, M.; Amin, M.; Kirbach, H.; 1994b

Kochsalzeinfluß auf den Säuren-Basen- und Elektroyt-Haushalt bei gesunden Kühen. Tierärztl. Umsch 49: 158-168

## 9. Literaturverzeichnis

Fürll, M.; 1993

Diagnostik und Therapie von chronischen Störungen des Säuren-Basen-Haushaltes ( SBH) bei Rindern. Prakt. Tierzt, Colleg. Vet XXIV: 49-54

Fürll, M.; 1989

Vorkommen, Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik und medikamentelle Beeinflussung von Leberschäden beim Rind. [Habilschr.med.vet.] Universität Leipzig; Leipzig

Garrett, E.F.; Pereira, M.N.; Nordlund, K.V.; Armentano, L.E.; Goodger, W.J.; Oetzel, G.R.; 1999

Diagnostic Methods for the detection of subacute ruminal acidosis in dairy cows. J Dairy Sci 82, 1170-1178.

Gaynor, P.J.; Mueller, F.J.; Miller, J.K.; Ramsey, N.; Goff, J.P.; Horst, R.L.; 1989

Parturient hypocalcemia in jersey cows fed alfalfa haylage-based diets with different cation to anion ratios. J Dairy Sci 72, 2525-2531.

Geishauser, T.; Mannhardt, K.; 1994

Verfahren zur Bestimmung von pH-Wert und Redoxpotential im Pansensaft erwachsener Rinder. Tierärztl Prax 22, 443-449.

Gleaves, E.W.; Guyer, P.Q.; Kendrick, J.G.; Owen, F.G.; Peo, E.R., Jr.; Sullivan, T.W.; 1973  
Nebraska computer feed formulation data, feed ingredient analysis, and ration specifications and restrictions. Agric. Expt. Stat. Bull. MP24. Univ. of Nebraska, Lincoln.

Grant, R.J.; Colenbrander, V. F.; 1990a

Milk Fat Depression in Dairy Cows: Role of Particle Size of Alfalfa Hay. J Dairy Sci 73, 1823-1833.

Grant, R.J.; Colenbrander, V.F.; 1990b

Milk Fat Depression in Dairy Cows: Role of Silage Particle Size. J Dairy Sci 73, 1834-1842.



Griinari, J.M.; Bauman, D.E.; 2006

Milk fat depression: concepts, mechanisms and management applications, In: K. Sejersen, T.H.a.M.O.N. (Ed.) Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism and Impact of Nutrition on gene expression, Immunology and stress. Wageningen Acad. Publ, Wageningen, The Netherlands, pp. 389-417.

Griinari, J.M.; Dwyer, D.A.; McGuire, M.A.; Bauman, D.E.; Palmquist, D.L.; Nurmela, K.V.; 1998

Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. J Dairy Sci 81, 1251-1261.

Hailu Jile, Y.; 2003

Untersuchungen zur Bedeutung der Frequenz der Kieferschläge während des Wiederkauens für die Einschätzung der Wiederkauaktivität von Milchkühen. Hannover, Diss.

Hartmann, H.; Meyer, H.; 1994

Klinische Pathologie der Haustiere. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart.

Herdt, T.H.; 2000

Ruminant adaptation to negative energy balance: influences on the etiology of keratosis and fatty liver. Vet Clin North Am Food Anim Pract 16: 215-230

Hölterschinken, M.; Vlizlo, V.; Mertens, M.; Scholz, H.; 1992

Untersuchungen zur Zusammensetzung von über Sonde bzw. Fistel gewonnenem Pansensaft des Rindes. Dtsch Tierärztl Wochenschr 99, 165-232.

Hoffmann, M.; 2003

Die Strukturwirksamkeit von Rationen für Wiederkäuer als Voraussetzung für die Gesundheit der Tiere. Rekasen-Journal 10. Jahrgang.

Hoffmann, M.H.; 1990

Fütterungsregime für Rinder in Tierfütterung, Vol 2. Auflage. Dt. Landwirtschaftsverlag, Berlin, 3485

## 9. Literaturverzeichnis

Hoffmann, W.; 1992

Rinderkrankheiten. Band 1: Innere und chirurgische Erkrankungen, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 304-305

Hollberg, W.; 1984

Vergleichende Untersuchungen von mittels SCHAMBYE-SORENSEN-Sonde oder durch Punktion des kaudoventralen Pansensacks gewonnenen Pansensaftproben. Dtsch Tierarztl Wochenschr 91, 305-344.

Hoops, M.; 2007

Peripartaler Stoffwechsel und Morbidität bei Hochleistungskühen während eines Jahres. Diss Vet Med, Leipzig

Hüttmann, H.; 2007

Analyse der Futterraufnahme und der Energiebilanzmerkmale bei hochleistenden, erstlaktierenden Milchkühen, Diss agrar, Kiel

Jardon, P.; 1995

Using urine pH to monitor anionic salt programs. Compend Contin Educ Pract Vet 17 (2): 860-862

Jeroch, H.; Drochner, W.; Simon, O.; 1999

Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.

Johnson, L.M.; Harrison, J.H.; Davidson, D.; Mahanna, W.C.; Shinnors, K.; 2003

Corn silage management: effects of hybrid, chop length, and mechanical processing on digestion and energy content. J Dairy Sci 86, 208-231.

Jubb, T.F.; Malmo, J.; Davis, G.M.; Vawser, A.S.; 1991

Left-side displacement of the abomasum in dairy cows at pasture. Aust Vet J 68: 140-142

Junck, B.; Tafaj, M.; Zebeli, Q.; Funk, R.; Steingass, H.; Drochner, W.; 2004

Einfluss der Häcksellänge auf Strukturwert und Qualität der Maissilage. S 96 in Proc 116th VDLUFA Congress, Rostock, Deutschland, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, Deutschland

Kirchgessner, M.; 2004

Tierernährung. DLG Verlag, Frankfurt am Main.

Kirchgessner, M.; Schwarz, F.J.; 1984

Einflussfaktoren auf die Grundfutteraufnahme bei Milchkühen. Übers. Tierernährung 12, 187-214.

Kleen, J.L.; Hooijer, G.A.; Rehage, J.; Noordhuizen, J.P.; 2004

Rumenocentesis (rumen puncture): a viable instrument in herd health diagnosis. Dtsch Tierärztl Wochenschr 111, 458-462.

Kleiser, L.; Füll, M.; 1998

Screening zur Früherkennung einer Disposition für die Dislocatio abomasi bei Kühen. In: Füll, M.; Hrgb Stoffwechselbelastung, -diagnostik und -Stabilisierung beim Rind, Leipziger Samstagsakademie, 25. Apr 1998; Leipzig: Medizinische Tierklinik der Universität Leipzig ; S. 95-104

Kononoff, P.J.; Heinrichs, A.J.; 2003a

The effect of corn silage particle size and cottonseed hulls on cows in early lactation. J Dairy Sci 86, 2438-2451.

Kononoff, P.J.; Heinrichs, A.J.; 2003b

The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. J Dairy Sci 86, 1445-1457.

Kononoff, P.J.; Heinrichs, A.J.; Buckmaster, D.R.; 2003a

Modification of the Penn State forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. J Dairy Sci 86, 1858-1863.

Kononoff, P.J.; Heinrichs, A.J.; Lehman, H.A.; 2003b

The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. J Dairy Sci 86, 3343-3353.

## 9. Literaturverzeichnis

Kraft, W.; Dürr, U. M.; 2005

Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. Schattauer.

Krause, K.M.; Combs, D.K.; 2003

Effects of forage particle size, forage source, and grain fermentability on performance and ruminal pH in midlactation cows. J Dairy Sci 86, 1382-1397.

Krause, K.M.; Combs, D.K.; Beauchemin, K.A.; 2002a

Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. I. Milk production and diet digestibility. J Dairy Sci 85, 1936-1946.

Krause, K.M.; Combs, D.K.; Beauchemin, K.A.; 2002b

Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. II. Ruminal pH and chewing activity. J Dairy Sci 85, 1947-1957.

Krause, K.M.; Combs, D.K.; Beauchemin, K.A.; 2003

Effects of increasing levels of refined cornstarch in the diet of lactating dairy cows on performance and ruminal pH. J Dairy Sci 86, 1341-1353.

Kupsch, J.A.; 2006

Untersuchungen zur ultrasonographischen Messung der Rückenfettdicke und der Rückenfettdickenänderung von Milchkühen während der Trockenstehphase und Laktation. Diss Vet Med, Berlin

Kutas, F.; 1965

Determination of Net Acid-Base Excretion in the Urine of Cattle. A method for the Estimation of Acid-Base Equilibrium. Acta Vet Acad Sci Hung 15, 147-153.

Lehwenich, T.; 1999

Untersuchungen zur Durchführung der Stoffwechselüberwachung in der Bestandsbetreuung von Milchviehherden. Vet. Med. Diss, Berlin.

Leonardi, C.; Shinnars, K.J.; Armentano, L.E.; 2005

Effect of different dietary geometric mean particle length and particle size distribution of oat silage on feeding behavior and productive performance of dairy cattle. *J Dairy Sci* 88, 698-710.

Löffler, G.; Petrides, P.E.; 1997

Biochemie und Pathobiochemie. 5. Aufl.; Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg

Mahlkow-Nerge, K.; 2002

Pansenpuffer zur Prophylaxe der Pansenazidose- dies kann auch Gefahren bergen. *Milchpraxis* 40, 42-45.

Mertens, D.R.; 1986

Effect of physical characteristics, forage particle size and density on forage utilization. *Proc Nutrition Symp. Am Feed Industry Assoc, St. Louis, MO, 91.*

Mertens, D.R.; 1997

Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J Dairy Sci* 80, 1463-1481.

Mertens, D.R.; 2002

Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. *Proc Plains Nutr. Cncl. Spring Conf., San Antonio, 40-66.*

Meyer, U.; Gädeken, D.; Spolders, M.; Flachowsky, G.; 2001

Strukturbewertungssysteme in der Milchviehfütterung. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Verband der Landwirtschaftskammern (VLK) Bonn, 31-33.*

Milligan, R.A.; Chase, L.E; Sniffen, C.J.; Knoblauch, W.A.; 1981

Least-cost balanced dairy rations. *Newplan program 13. Agric. Econ. Ext. Cir. 81-24. Cornell Univ., Ithaca, NY.*

## 9. Literaturverzeichnis

Nocek, J.E.; Allman, J.G.; Kautz, W.P.; 2002a

Evaluation of an indwelling ruminal probe methodology and effect of grain level on diurnal pH variation in dairy cattle. *J Dairy Sci* 85, 422-428.

Nocek, J.E., Kautz, W.P.; Leedle, J.A.; Allman, J.G.; 2002b

Ruminal supplementation of direct-fed microbials on diurnal pH variation and in situ digestion in dairy cattle. *J Dairy Sci* 85, 429-433.

Nocek, J.E.; 1997

Bovine acidosis: implications of laminitis. *J Dairy Sci*; 80:1005-1028

Nordlund, K.V.; Garrett, E.F.; 1994

Rumenocentesis: A technique for collecting rumen fluid for the diagnosis of subacute rumen acidosis in dairy herds. *The Bovine Pract* 28, 109-112.

Nordlund, K.V.; Garrett, E.F.; Oetzel, G.R.; 1995

Herd-based rumenocentesis: a clinical approach to the diagnosis of subacute rumen acidosis. *Compendium on Cont Educ Pract Vet* 17, 48-56.

Norgaard, P.; 1985

Physical structure of feeds for dairy cows. (A new system for evaluation of the physical structure in feedstuffs and rations for dairy cows). CEC-workshop: New developments and future perspectives in research on rumen function, Orum Sonderlyng, Denmark.

Odai, M.; Takahashi, T.; Itabashi, H.; Kobayashi, T.; Ono, M.; 1988, b

Effects of length of cut of whole crop corn silage and milk production in dairy cows (2) effects on milk yield, milk composition and ruminal VFA during long term feeding. *Bull. Nat. Inst. Anim. Ind.*, No 45. 7-12.

Oetzel, G.R.; 2000

Clinical aspects of ruminal acidosis in dairy cattle. *The AABP Proceedings* 33, 46-53.

Onetti, S.G.; Shaver, R.D.; Bertics, S.J.; Grummer, R.R.; 2003

Influence of corn silage particle length on the performance of lactating dairy cows fed supplemental tallow. J Dairy Sci 86, 2949-2957.

Penner, G.B.; Beauchemin, K.A.; Mutsvangwa, T.; 2006

An evaluation of the accuracy and precision of a stand-alone submersible continuous ruminal pH measurement system. J Dairy Sci 89, 2132-2140.

Piatkowski, B.; Gürtler, H.; Voigt, J.; 1990

Grundzüge der Wiederkäuerernährung. Gustav-Fischer-Verlag, Jena-Stuttgart, 236 p.

Poppi, D.P.; Hendricksen, R.E.; Minson, D.J.; 1985

The relative resistance to escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle and sheep. J. Agric.Sci 105, 9-14.

Preissinger, W.; 2006

Häcksellänge beim Mais und ihr Einfluß auf Futteraufnahme und Leistung der Milchkuh. In: Bayrische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V. Fachtagung, Freising Weihenstephan, 25 und 26. September.

Preissinger, W.; Schwarz, F.J.; Kirchgessner, M.; 1998

Zum Einfluss der Zerkleinerung von Maissilage auf Futteraufnahme, Milchleistung und Milchezusammensetzung von Kühen. Arch Tierernähr 51, 327-339.

Remond, D.; Cabrera-Estrada, J.I.; Champion, M.; Chauveau, B.; Coudure, R.; Poncet, C.; 2004

Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. J Dairy Sci 87, 1389-1399.

Reszler, G.; 2006

Besseres Fütterungsmanagement im Milchviehbetrieb. Nutztierpraxis aktuell, AVA-Fütterungsseminar.

## 9. Literaturverzeichnis

Rohr, K.; Honig, H.; Daenicke, R.; 1983

Zur Bedeutung des Zerkleinerungsgerades von Silomais; 2. Mitteilung: Einfluss des Zerkleinerungsgerades auf Wiederkauaktivität, Pansenfermentation und Verdaulichkeit der Rohnährstoffe. Das Wirtschaftseigene Futter 29, 73-86.

Rossow, N.; Ehrentraut, W.; Furcht, G., 1989

Stoffwechselüberwachung bei landwirtschaftlichen Nutztieren-Stand und Perspektiven in der DDR. Monatsh Vet Med 44:145-148

Santini, F.J.; Hardie, A.R.; Jorgensen, N.A.; 1983

Proposed use of adjusted intake based on forage particle length for calculation of roughage indexes. J Dairy Sci 66, 811-820.

Schröder, U.; 2000

Untersuchungen zur Konditionsbeurteilung mittels ultrasonografischer Messung der Rückenfettdicke als Grundlage zur Anwendung in der Bestandsbetreuung von Milchviehherden. Diss Vet Med, Berlin

Schwab, E.C.; Shaver, R.D.; Shinnors, K.J.; Lauer, J.G.; Coors, J.G.; 2002

Processing and chop length effects in brown-midrib corn silage on intake, digestion, and milk production by dairy cows. J Dairy Sci 85, 613-623.

Schwarz, F.J.; Kirchgessner, M.; 1982

Häcksellänge und ihr Einfluß auf Futteraufnahme und Milchleistung. Das Wirtschaftseigene Futter 28, 97-108.

Schwarz, F.J.; Kirchgessner, M.; Heimbeck, W.K.; 1985

Zum Einfluss von Häcksellänge und Aufbereitung von Maissilage auf Mast- und Schlachtleistung von Jungbullen. Das wirtschaftseigene Futter, 31, S. 5-19

Soita, H.W.; Fehr, M.; Christensen, D.A.; Mutsvangwa, T.; 2005

Effects of corn silage particle length and forage:concentrate ratio on milk fatty acid composition in dairy cows fed supplemental flaxseed. J Dairy Sci 88, 2813-2819.



Staufenbiel, R.; Staufenbiel, B.; Rossow, N.; Klukas, H.; 1993  
Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes- Beziehungen der Rückenfettdicke zur  
Milchleistung, Fruchtbarkeit und zu klinisch-chemisch Parametern. Monatsh Vet Med 48:  
5-11

Staufenbiel, R.; 1997  
Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe der sonografischen  
Rückenfettdickenmessung. Prakt. Tierarzt, Colleg. Vet. 27, 87-92

Staufenbiel, R.; 1999  
Stoffwechselüberwachung der Milchkuhherde als Mittel zur Stabilisierung von Leistung und  
Gesundheit. Tagungsbericht 3. Symposium zu Fragen der Fütterung von Hochleistungskühen  
am 13.01.99 in Neuruppin, 18-65

Staufenbiel, R.; Gelfert, C.-C.; 2001  
Erste Ergebnisse der stoffwechselüberwachung von deutschen Hochleistungsherden aus Sicht  
zweier Forschungsaufenthalte in den USA und Kanada. 5. Internationales Symposium:  
Fütterung der Hochleistungskuh, 10.1.01, Neuruppin

Staufenbiel, R.; Bandilla, S.; van de Sand, H.; Pries, M.; 2006  
Häcksellänge von Maissilage und Tiergesundheit der Milchkühe- Pansenazidose und  
mikrobielle Pansenfunktionsstörung. Top Agrar Elite 5, 38-41.

Steinwidder, A.; 2004  
Führt hoher Silomaisanteil in der Milchviehration zu Problemen in der Strukturversorgung?  
Tagungsband der 10. Wintertagung (12.-13. Feb.)des Ökosozialen Forums, Österreich.

Steinwidder, A.; 2005  
Milchviehfütterung: Tier- und leistungsgerecht. Stocker, 240 p.

Stockdale, C.R.; Beavis, G.W.; 1994  
Nutritional evaluation of whole plant maize ensiled at three chop lengths and fed to lactating  
dairy cows. Australian Journal of Experimental Agriculture 34, 709-716.

## 9. Literaturverzeichnis

Sudweeks, E.M.; Ely, L.O.; Mertens, D.R.; Sisk, L.R.; 1981

Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: Roughage Value Index System. *J Animal Sci* 53, 1406-1411.

Sutton, J.D.; Dhanoa, M.S.; Morant, S.V.; France, J.; Napper, D.J.; Schuller, E.; 2003

Rates of production of acetate, propionate, and butyrate in the rumen of lactating dairy cows given normal and low-roughage diets. *J Dairy Sci* 86, 3620-3633.

Swain, S.M.; Armentano, L.E.; 1994

Quantitative evaluation of fiber from nonforage sources used to replace alfalfa silage. *J Dairy Sci* 77, 2318-2331.

Tafaj, M.; Maulbetsch, A.; Zebeli, Q.; Steingass, H.; Drochner, W.; 2005

Effects of physically effective fibre concentration of diets consisting of hay and slowly degradable concentrate on chewing activity in mid lactation dairy cows under constant intake level. *Arch Anim Nutr* 59, 313-324.

Tafaj, M.; Steingass, H.; Drochner, W.; 2001

Influence of hay particle size at different concentrate and feeding levels on digestive processes and feed intake in ruminants. 2. Passage, digestibility and feed intake. *Arch Tierernahr* 54, 243-259.

Tafaj, M.; Steingass, H.; Susenbeth, A.; Lang, G.U.; Drochner, W.; 1999

Einfluss der Partikellänge von Heu auf Verdauungsvorgänge und Futteraufnahme bei Wiederkäuern bei Variation von Kraftfutter- und Fütterungsniveau. *Arch Tierernahr* 52, 167-184.

Tafaj, M.; Zebeli, Q.; Maulbetsch, A.; Steingass, H.; Drochner, W.; 2006

Effects of fibre concentration of diets consisting of hay and slowly degradable concentrate on ruminal fermentation and digesta particle size in mid-lactation dairy cows. *Arch Anim Nutr* 60, 254-266.

Teimouri Yansari, A.; Valizadeh, R.; Naserian, A.; Christensen, D.A.; Yu, P.; Eftekhari Shahroodi, F.; 2004

Effects of Alfalfa Particle Size and Specific Gravity on Chewing Activity, Digestibility and Performance of Holstein Dairy Cows. *J Dairy Sci* 87, 3912-3924.

Ulbrich, M.; Hoffmann, M.; Drochner, W.; 2004

Fütterung und Tiergesundheit. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.

Van Soest, P.J.; 1967

Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. *J. Animal Sci* 26, 119.

Van Soest, P.J.; 1994

Nutritional ecology of the ruminant. Cornell Univ Press, 476 p.

Weigand, E.; Meyer, U.; Guth, N.; 1993

Intake, chewing activity and carbohydrate digestability by lactating dairy cows fed maize silage with a different physical structure. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 69, 120-132.

Wolf, V.; 2001

Populationsgenetische Untersuchung zum Auftreten der Labmagenverlagerung bei deutschen Holstein Kühen. *Diss Vet Med, Hannover*

Yang, W.Z.; Beauchemin, K.A.; 2005

Effects of physically effective fiber on digestion and milk production by dairy cows fed diets based on corn silage. *J Dairy Sci* 88, 1090-1098.

Yang, W.Z.; Beauchemin, K.A.; 2006a

Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. *J Dairy Sci* 89, 217-228.

Yang, W.Z.; Beauchemin, K.A.; 2006b

Increasing the physically effective fiber content of dairy cow diets may lower efficiency of feed use. *J Dairy Sci* 89, 2694-2704.

## 9. Literaturverzeichnis

Yang, W.Z.; Beauchemin, K.A.; 2006c

Physically effective fiber: method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. *J Dairy Sci* 89, 2618-2633.

Zebeli, Q.; Tafaj, M.; Junck, B.; Drochner, W.; 2005

Effect of hay particle size and concentrate level on ruminal mat characteristics in dairy cows. *Berichte der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie* 14, 140.

Zebeli, Q.; Tafaj, M.; Steingass, H.; Metzler, B.; Drochner, W.; 2006

Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. *J Dairy Sci* 89, 651-668.

Zwick, T.; Klee, W.; 1997

Das Pansensaftentnahmeggerät nach Hamburger. *Tierärztl. Umschau* 52, 80-84.

## 10. Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. R. Staufenbiel für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung und die Geduld während der Anfertigung.

Ich möchte auch Herrn Prof. Dr. K. Männer und den Mitarbeitern des Instituts der Tierernährung für die Bereitstellung der Geräte und die fachliche Unterstützung bei der Pansensaftanalytik danken. Besonders möchte ich Paula Brünig und Susan Kröger danken, die die Arbeit im Keller immer durch einen Kaffee oder einen Tee zu versüßen wussten.

Ich möchte mich auch bei Herrn Dr. Pries recht herzlich für die gute Zusammenarbeit auf Riswick bedanken. Weiterhin möchte ich hier auch allen Mitarbeitern von Riswick danken, ohne die der praktische Teil dieser Arbeit sehr viel aufwendiger gewesen wäre. Stellvertretend möchte ich Heinz, Richard, Josef, Hendrik und allen Azubis in dem Jahr danken.

Ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mich während der gesamten Zeit sowohl seelisch als auch finanziell unterstützt haben.

Ich danke auch Frau Waberowski und dem Laborteam für ihre Unterstützung während der Probenanalyse.

Bei Angelika Westfahl möchte ich mich auch bedanken: Danke dass du immer ein Ohr für mich hattest.

Nicht zu letzt danke ich Dr. Norbert Lass und Dr. Toralf Didik (meinen Chefs) für die „freie“ Zeit zum Schreiben.

And last but not least danke ich allen 59 Kühen auf Riswick die mir über Monate so geduldig diverse Körperflüssigkeiten gespendet haben (besonders Kuh 149).

## Selbständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Meldorf, den 19. März 2009

Susan Bandilla