

**Aus der Klinik für Rinderkrankheiten
der Tierärztlichen Hochschule Hannover
und dem Institut für Tierernährung
der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig**

**Einfluss von Silagen aus unterschiedlichen
Maishybriden auf die Umsetzungen
im Verdauungstrakt von Kühen**

INAUGURAL – DISSERTATION

**Zur Erlangung des Grades einer Doktorin
der Veterinärmedizin
(Dr. med. vet.)
durch die Tierärztliche Hochschule Hannover**

**Vorgelegt von
Kathrin Höner
aus Bielefeld**

Hannover 2001

Wissenschaftliche Betreuung: Univ.-Prof. Dr. med. vet. H. Scholz (TiHo)
Univ.-Prof. Dr. agr. G. Flachowsky (FAL)
Dr. sc. Agr. P. Lebzien (FAL)

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. med. vet. H. Scholz (TiHo)
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. med. vet. J. Harmeyer (TiHo)

Tag der mündlichen Prüfung: 22.11.2001

Meiner Mutter,
in Gedenken an meinen Vater

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNG

HÖNER, K., MEYER, U., HAILU, Y., SPOLDERS, M., LEBZIEN, P. (2001):

Influence of the sample-technique of the rumen fluid on measured pH-values in cows.

Proc. Soc. Physiol. 103, 102

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung	3
2.1	Bedeutung von Maissilage für die Milchviehernährung	3
2.2	Einfluss der Sorte auf den Futterwert von Maissilagen	5
2.3	Bedeutung des ruminalen Abbaus für die Versorgung der Kühe.....	8
2.4	Ruminaler Abbau von Maissilage	11
2.4.1	Ruminaler Abbau von Stärke (Körnern)	12
2.4.2	Ruminaler Abbau von Zellwandbestandteilen (Restpflanzen).....	15
2.5	Methodik zur Bestimmung des Umfangs und der Dynamik des ruminalen Abbaus	20
2.6	Ableitung der Aufgabenstellung	24
3	Material und Methoden	25
3.1	Überblick über die durchgeführten Untersuchungen	25
3.2	Beschreibung der Maispflanzen	26
3.3	In sacco-Abbauversuch	27
3.3.1	Versuchsablauf	27
3.3.2	Versuchstiere, Fütterung und Haltung	29
3.3.3	Probenvorbereitung	29
3.3.4	Methodik der in sacco-Abbaubarkeitsmessungen.....	30
3.4	Untersuchungen an ruminal und duodenal fistulierten Milchkühen	32
3.4.1	Versuchsaufbau	32
3.4.2	Versuchstiere, Haltung und Fütterung	33
3.4.3	Beschreibung der Methoden.....	35
3.4.3.1	Pansenphysiologische Parameter	35
3.4.3.2	Untersuchungen zum Nährstofffluss am Duodenum	35
3.4.3.2.1	Herstellung und Verabreichung des Chrommarkers	35
3.4.3.2.2	Gewinnung und Aufbereitung der Chymusproben	36
3.5	Chemische Analysemethoden	37

3.5.1	WEENDER Rohnährstoffanalytik sowie Bestimmung von NDF, ADF, Lignin und Stärke	37
3.5.2	Bestimmung des pH-Wertes im Pansensaft	38
3.5.3	Bestimmung von Ammoniak-Stickstoff im Pansensaft	38
3.5.4	Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren im Pansensaft	38
3.5.5	Bestimmung der Chromkonzentration im Duodenalchymus	39
3.5.6	Bestimmung des mikrobiellen Rohproteinanteils im Duodenalchymus	39
3.5.7	Bestimmung der Milchinhaltsstoffe	40
3.6	Mathematische Auswertung	40
3.6.1	Angewandte Formeln	40
3.6.2	Statistische Auswertung	41
4	Ergebnisse und Diskussion	42
4.1	Versuchsverlauf	42
4.2	Zusammensetzung der eingesetzten Futtermittel	43
4.2.1	Zusammensetzung der Maisspflanzen	43
4.2.2	Rohnährstoff-, NDF-, ADF-, Lignin- und Stärkegehalte in den Maissilagen	44
4.2.3	Rohnährstoffgehalte des eingesetzten Kraftfutters	48
4.3	In sacco-Versuche an Milchkühen	48
4.3.1	Pansenparameter der Versuchstiere	48
4.3.2	Versuch 1 (Versuche mit frischem Mais)	49
4.3.2.1	In sacco-Abbau der Restpflanze	49
4.3.2.2	In sacco-Abbau der Körner	53
4.3.3	Versuch 2 (In sacco-Abbau der Maissilagen)	62
4.4	Stoffwechselversuch	72
4.4.1	Versuchsverlauf und Futteraufnahme	72
4.4.2	Pansenphysiologische Untersuchungen	74
4.4.2.1	Konzentration der flüchtigen Fettsäuren	74
4.4.2.2	pH-Werte	76
4.4.2.3	NH ₃ -N-Konzentration	78
4.4.3	Energiegehalte der Maissilagen	80
4.4.4	Nährstofffluss am Dünndarm	83

4.4.5	Nichtammoniak-N und Mikrobenprotein am Duodenum	87
4.5	Vergleichende Diskussion.....	91
5	Schlussfolgerung.....	98
6	Zusammenfassung.....	100
7	Summary	102
8	Literaturverzeichnis	104
9	Anhang.....	126

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung:

ADF
ADL
ad lib
d
DOS
FAL
FCM
FFS
FOS
GfE
h
i.D.
k
KF
KM
ME
MJ
MN
MP
n
NAN
NDF
NEL
NfE
NPN
NIRS
nXP
OS

Bezeichnung:

Acid Detergent Fibre
Acid Detergent Lignin
Ad libitum
Tag
Verdauliche Organische Substanz
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
Fettkorrigierte Milchmenge (4% Fett)
Flüchtige Fettsäuren
Fermentierbare Organische Substanz
Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
Stunde
im Durchmesser
Passagerate (h^{-1}) der Futtermittel durch den Pansen
Kraftfutter
Körpermasse
Metabolizable Energy (umsetzbare Energie)
Megajoule
Mikrobieller Stickstoff
Mikrobielles Protein
Stichprobenumfang
Nicht Ammoniak Stickstoff
Neutral Detergent Fibre
Nettoenergie für Laktation
N-freie Extraktstoffe
Non Protein Nitrogen
Nahe Infrarot Spektroskopie
Nutzbares Rohprotein
Organische Substanz

p	Irrtumswahrscheinlichkeit
PS	Pansensaft
RNB	Ruminale Stickstoffbilanz
s	Standardabweichung
T	Trockensubstanz
U/min	Umdrehungen/Minute
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XS	Stärke
XX	N-freie Extraktstoffe

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Erfassung der Bestandteile der organischen Substanz durch die Detergentien-Analyse (VAN SOEST 1982)	16
Tabelle 2:	Übersicht der an Milchkühen durchgeführten Versuche.....	26
Tabelle 3:	Übersicht der Erntezeitpunkte von Restpflanzen (RF), Körnern (K) und Ganzpflanzen (G) 1998	27
Tabelle 4:	Versuchsplan (Versuch 1) für die in sacco-Abbaubarkeitsversuche mit Restpflanzen (RF) und Körnern der vier Maishybriden (Versuchsdauer 48 Tage),	28
Tabelle 5:	Versuchsplan (Versuch 2) für die in sacco-Abbauversuche mit vier Maissilagen (Versuchsdauer 42 Tage)	28
Tabelle 6:	Versuchsschema (Versuch 3) für die Untersuchungen an fistulierten Milchkühen (n=4).....	32
Tabelle 7:	Tägliche Milchleistung und Milchinhaltsstoffe der fistulierten Milchkühe zum Versuchsbeginn (Versuch 3).....	33
Tabelle 8:	Zusammensetzung des eingesetzten Kraftfutters	34
Tabelle 9:	Gehalte an Rohnährstoffen, Zellwandbestandteilen und Stärke der verfütterten Maissilagen (n=4, Erntejahr 1998). Werte von Kolben und Restpflanze durch pers. Mitteilung (SCHWARZ und ETTLE 2001).	45
Tabelle 10:	Gehalte an T, Rohnährstoffen und Stärke der in den in sacco-Versuchen (Versuch 1 und 2) verfütterten Maissilage (n=4).....	47
Tabelle 11:	Gehalte an Rohnährstoffen, Stärke, NDF, ADF und Lignin des in Versuch 3 (Untersuchungen zum Nährstofffluss am Dünndarm) eingesetzten Kraftfutters (n=4).....	48
Tabelle 12:	Effektive Abbaubarkeit der Restpflanzen-T (in %) zu zwei verschiedenen Erntezeitpunkten.....	51
Tabelle 13:	Parameter der Abbaukurven (a, b, c)* der Trockensubstanz der Restpflanzen von vier Maishybriden, die zu zwei Zeitpunkten geerntet wurden, aus dem in sacco-Versuch 1 an Milchkühen	52
Tabelle 14:	Effektive Abbaubarkeit der Körner-T (in %) von drei verschiedenen Erntezeitpunkten.....	56

Tabelle 15:	Literaturübersicht zum effektiven Abbau von Körner-Trockensubstanz (in %) bei einer angenommenen Passagerate von $k=8\%/h$ im Vergleich mit den Ergebnissen aus vorliegender Arbeit und dem Stärkeabbau in vivo (LOOSE 1999) in %.....	58
Tabelle 16:	Parameter a, b und c (ØRSKOV und MCDONALD 1979) für den in sacco-T-Abbau der Körner von drei Erntezeitpunkten der vier Maishybriden	61
Tabelle 17:	Übersicht (vorliegende Arbeit, ETTLE 2001, JOCHMANN 1999) über Mittelwerte zur effektiven T-Abbaubarkeit von vier Maissilagen bei einer Passagerate von $k=2\%/h$ und $k=8\%/h$	65
Tabelle 18:	Mittlere tägliche Aufnahme an T, OS, XP, Stärke und Zellwandbestandteilen (kg) der fistulierten Milchkühe (n=4) im Stoffwechselversuch	72
Tabelle 19:	Tägliche Energie- und nXP-Aufnahmen sowie ruminale N-Bilanz (RNB) der fistulierten Milchkühe (n=4)	74
Tabelle 20:	Gesamtfettsäuregehalt und molare Anteile der einzelnen flüchtigen Fettsäuren im Pansensaft von fistulierten Milchkühen (n=4) beim Einsatz von Silagen aus verschiedenen Maishybriden.....	75
Tabelle 21:	Energiegehalte der Maissilagen	80
Tabelle 22:	Nährstofffluss am proximalen Duodenum von fistulierten Milchkühen (n=4), bei Fütterung von Rationen mit vier verschiedenen Maissilagen.....	84
Tabelle 23:	Angaben über den Fluss an Gesamt-N und Nichtammoniak-N (NAN) am Dünndarm.....	88
Tabelle 24:	Anteil des mikrobiellen Stickstoffs (MN) am Nicht-Ammoniak-Stickstoff (NAN) und Effizienz der mikrobiellen Protein-N-Synthese bei den fistulierten Milchkühen (n=4)	89
Tabelle 25:	Übersicht der ermittelten Parameter zur Einschätzung des Futterwertes der vier Maishybriden	92

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Verhältnis Kolben zur Restpflanze in % der Gesamtpflanze (auf Frischmassebasis) und T-Gehalt der Ganzpflanze.....	43
Abbildung 2: Mittlerer Trockensubstanzabbau der Restpflanzen verschiedener Maishybriden bei zwei verschiedenen Erntezeitpunkten in % der T-Einwaage (Inkubationszeiten: 8, 24, 48 und 72 Stunden).....	49
Abbildung 3: Mittlerer Trockensubstanzabbau der Körner von vier Maishybriden zu drei verschiedenen Erntezeitpunkten in % der Einwaage (Inkubationszeiten: 8, 16, 24 und 48 Stunden).....	54
Abbildung 4: Abbau der Trockensubstanz von den vier Maissilagen nach 0, 4, 8, 12, 24, 48, 72 und 96 Stunden ruminaler Inkubation, (n=6).....	63
Abbildung 5: Effektive Abbaubarkeit der Trockensubstanz der vier Maissilagen in Abhängigkeit von der Passagerate	64
Abbildung 6: NDF-Abbau (%) bei den vier Maissilagehybriden nach unterschiedlicher Inkubationsdauer.....	66
Abbildung 7: Effektiver Abbau von NDF (in %) der vier Maissilagen in Abhängigkeit zu der Passagerate	68
Abbildung 8: pH-Werte im Pansensaft von fistulierten Milchkühen (n=4) bei der Fütterung von vier Maissilagen während der ersten 5 Stunden nach Beginn der Fütterung.....	77
Abbildung 9: NH ₃ -N-Konzentrationen im Pansen der fistulierten Kühe während der ersten 5 Stunden nach Fütterungsbeginn (n=4).....	79

ANHANGSVERZEICHNIS

Anhang 1:	Zusammensetzung der Mineralstoffmischung für Milchkühe im Stoffwechselfersuch	126
Anhang 2:	Zusammensetzung der Borsäure (NH ₃ -N-Bestimmung im Pansensaft während des in sacco-Versuches und des Stoffwechselfersuches)	126
Anhang 3:	Gehalte von Rohnährstoffen, Zellwandbestandteilen und Stärke in den vier Maishybriden (n=7) aus dem Erntejahr 1998 im Fahrsilo (ETTLE 2001).....	127
Anhang 4:	Drei Stunden nach Beginn der Morgenfütterung im Pansen von fistulierten Milchkühen (n=3) ermittelte Parameter bei Verfütterung von Maissilage, Versuch zur in sacco-Inkubation, Versuch 1 (V1): Inkubation von Restpflanzen und Körnern, Versuch 2 (V2): Inkubation von Maissilagen	127
Anhang 5:	Mittlerer Trockensubstanzabbau unsilierter Restpflanzen von vier Maishybriden und zwei Erntezeitpunkten (in % der Einwaage).....	128
Anhang 6:	Signif. der Differenzen (p<0,05) zwischen den Hybriden bezüglich des T-Abbaus ihrer Restpflanzen	129
Anhang 7:	Mittlerer Trockensubstanzabbau unsilierter Körner von vier Maishybriden und drei Erntezeitpunkten (Abbau in % der Einwaage).....	130
Anhang 8:	Signif. der Differenzen (p<0,05) zwischen den Hybriden bezüglich des T-Abbaus ihrer Körner	131
Anhang 9:	Mittlerer Trockensubstanzabbau der vier Maissilagehybriden (Abbau in % der Einwaage)	132
Anhang 10:	Parameter der Abbaukurven (a ,b ,c) der Trockensubstanz von den vier Maishybriden aus dem in sacco-Versuch (nach ØRSKOV und MCDONALD 1979)	132
Anhang 11:	Mittlerer NDF-Abbau (in %) der vier Maissilagen.....	133
Anhang 12:	Parameter der Abbaukurven (a, b, c) von NDF der vier Maishybriden aus dem in sacco-Versuch (nach ØRSKOV und MCDONALD 1979).....	133
Anhang 13:	Scheinbare Verdaulichkeit der Maissilagen, Hammelversuch Weihenstephan (ETTLE 2001)	133

Anhang 14: Zeitlicher Verlauf des pH-Wertes im Pansen der Milchkühe (n=4)	134
Anhang 15: Zeitlicher Verlauf der NH ₃ -N-Konzentration (mg/100ml) im Pansen (n=4)	134

1 Einleitung

In der Milchviehernahrung ist die Bereitstellung von Energie für die durch Fortschritte in der Rinderzucht und -haltung erzielten hohen Milchleistungen von fundamentaler Bedeutung. Besonders bei hohen Leistungen zum Laktationsbeginn können sich Lücken in der Energieversorgung ergeben. Zu diesem Zeitpunkt ist das Futteraufnahmevermögen der Milchkuh begrenzt, der Energiebedarf aufgrund hoher Einsatzleistungen jedoch sehr hoch. Die Zufütterung großer Mengen an stärkereichem Kraftfutter wäre eine Möglichkeit, die Energieversorgung der Milchkuh zu verbessern. Die zugeführten Kohlenhydrate werden in den Vormägen der Wiederkäuer überwiegend bakteriell fermentiert, wobei als Endprodukte des bakteriellen Abbaus im wesentlichen flüchtige Fettsäuren (insbes. Essig-, Propion- und Buttersäure) sowie Gase (insbes. Methan und Kohlendioxid) entstehen. Bei der Verfütterung großer Mengen leicht löslicher Kohlenhydrate (Getreide) ist zwar eine Verbesserung der Energieversorgung möglich, andererseits besteht aber auch die Gefahr eines pH-Wert Abfalls im Pansen, der letztendlich zum Krankheitsbild der Pansenazidose führen kann. In dieser Hinsicht bietet Stärke aus Maisprodukten Vorteile, da sie ruminal verzögert fermentiert wird und somit Maissilagen mit ihren höheren Stärkegehalten einen größeren Anteil der Energieversorgung aus dem Grundfutter bestreiten können. Darüber hinaus ist die ruminale Abbaubarkeit von Maisstärke im Vergleich zu Stärkequellen anderer Getreidearten geringer (WALDO 1973). Aus dieser Eigenschaft der Maisstärke ergibt sich die Möglichkeit, die negativen Folgen einer schnellen Fermentation der Stärke trotz höherer Zufuhr zu umgehen und mehr Stärke im Dünndarm, wo die energetische Verwertung der Stärke effizienter ist als bei der Fermentation im Pansen (BERGNER und HOFFMANN 1996, MATTHÉ 2001), zu verdauen. SCHWARZ und ETTLE (2000) beschrieben einen variierenden Stärkegehalt von Maissilagen in Abhängigkeit von Reifestatus und Sorte der verwendeten Maispflanze. Auch soll nach verschiedenen Autoren (KOTARSKI et al. 1992, FLACHOWSKY et al. 1992b, LOOSE 1999) die Sorte einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die ruminale Abbaubarkeit der Maisstärke besitzen. Für eine gute Energieversorgung der Milchkühe ist zudem eine ausreichende Trockensubstanzaufnahme aus dem Grundfutter erforderlich, um im Hinblick auf die Pansenfermentation vor allem dem physiologischen Bedarf der Tiere an strukturiertem Futter gerecht zu werden. Qualitativ hochwertige und leicht verdauliche

1. Einleitung

Silagen können somit zu einer erhöhten Futter- und damit höheren Energieaufnahme beitragen. Der sortenabhängige Energiegehalt ist von der Kolben-Restpflanzenrelation und der Verdaulichkeit des Kolbens und der Restpflanze abhängig. HERTER et al. (1996) beschrieben, dass die Verdaulichkeit der Gesamtpflanze stärker durch die Zellwandbestandteile in der Restpflanze beeinflusst wird, als durch den Körner- und Stärkeanteil im Kolben. Sortenspezifische Unterschiede der Restpflanzenverdaulichkeit konnten mehrere Autoren beschreiben (KÖHLER et al. 1990, COLLAR et al. 1991, SCHWARZ et al. 1996), so dass hinsichtlich der Sortenwahl für Maissilage nicht nur der Kolben, sondern auch die Restpflanze von Bedeutung ist.

Am Institut für Tierernährung der FAL in Braunschweig wurden in den zurückliegenden Jahren gemeinsam mit anderen Einrichtungen Versuche zur ernährungsphysiologischen Bewertung verschiedener Maishybriden durchgeführt. Dabei konzentrierten sich die Untersuchungen vor allem auf die Maiskörner (LOOSE 1999). ETTLE (2001) stellte aus vier der von LOOSE (1999) bewerteten Maishybriden Silagen her, die in einem Fütterungsversuch und in einem Verdauungsversuch eingesetzt wurden. Die grundlegende Frage der vorliegenden Arbeit war, ob sich die ruminale Abbaubarkeit der vier verschiedenen Sorten Körnermais aus dem Anbaujahr 1996 (LOOSE 1999) in der ruminale Abbaubarkeit der vier von ETTLE (2001), aus den gleichen Sorten im Anbaujahr 1998 hergestellten Silagen in sacco und/oder in vivo widerspiegelt und ob die in sacco ermittelten Ergebnisse Rückschlüsse auf den Umfang der Vormagenfermentation in vivo zulassen. Dabei wird das in der Literatur oft erwähnte Schlagwort „Ein guter Körnermais ist auch ein guter Silomais“ in Frage gestellt und neben der Ganzpflanze (Maissilage) auch die Restpflanze in die Untersuchungen einbezogen.

2 Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

2.1 BEDEUTUNG VON MAISSILAGE FÜR DIE MILCHVIEHERNÄHRUNG

Mais, der in der Fütterung von Mastrindern und Milchkühen gleichermaßen eingesetzt wird, findet sowohl als Ganzpflanze, die gehäckselt und siliert wird, als auch in Form von Körnermais als stärkereiches Kraftfutter Verwendung. In früheren Jahren wurden Bedenken gegen den Einsatz von Maissilage als alleiniges Grundfutter in der Milchviehfütterung erhoben. Dies wurde einerseits mit der mangelnden Strukturierung der Silage mit geringem T-Gehalt begründet (KAUFMANN et al. 1972) und andererseits damit, dass Maissilage im teigreifen Stadium aufgrund seines hohen Anteils an leicht vergärbaren Kohlenhydraten über vermehrte Propionsäurebildung im Pansen zu einem geringeren Fettgehalt in der Milch bzw. zu einem unerwünschten Körperfettansatz führen könnte (BURGSTALLER 1974). Untersuchungen von DAENICKE und ROHR (1976) haben bei bedarfsgerechter Energieversorgung jedoch gezeigt, dass bei Verfütterung von teigreifer Maissilage als alleinigem Grundfutter keine Leistungseinbußen gegenüber Rationen mit Maissilage und Luzerneheu bei mittlerer Milchleistung zu verzeichnen waren. DACCORD et al. (1995) ordneten das teig- gelbreife Stadium der Pflanze (35% T-Gehalt) als den besten Kompromiss zwischen Ertrag, Gärqualität und Futtermittelverzehr ein. HUBER et al. (1965) und ST-PIERRE et al. (1983) beschrieben eine zunehmende Silagequalität und Maissilageaufnahme der Tiere mit steigendem Reifegrad der Maispflanzen. Bei zu hoher Energieversorgung kann es jedoch zu einer Verfettung der Kühe kommen (DAENICKE et al. 1999).

Die Entwicklung der Maispflanze zeigt nach der Blüte einen steigenden Kolbenanteil, der mit einem zunehmenden Trockensubstanzgehalt der Ganzpflanze einhergeht (ANDRIEU et al. 1988, GRUBER et al. 1983). Dabei werden die Assimilationsprodukte (Kohlenhydrate) aus der Restpflanze in Form von Stärke in den Kolben eingelagert, wobei der Spindel- und damit der Rohfaseranteil des Kolbens relativ abnimmt und der Energiegehalt mit fortschreitender Reife zunimmt (PHIPPS 1996). Gleichzeitig sinkt der Anteil der Stärke, der im Pansen der Wiederkäuer umgesetzt werden kann und es steigt der Anteil an sogenannter Bypass-Stärke, die im Darm zur Verfügung steht (JOCHMANN 1999, MATTHÉ 2001). Dies hat den Vorteil gegenüber anderen Stärkequellen, dass die Gefahr einer Übersäuerung im Pansen reduziert

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

wird (Azidose) und dass die Stärke nach Hydrolyse im Dünndarm in Form von Glukose absorbiert, effizienter für die Energieversorgung genutzt werden kann als über die Pansenfermentation mit anschließender Glukoneogenese (MATTHÉ 2001). Außerdem konkurriert die Glukoneogenese mit dem Zitronensäurezyklus um das Oxalacetat. So kann es durch einen Mangel an Oxalacetat zu einer verstärkten Ketonkörperbildung und somit Ketose kommen. Die Ketose, d.h. die übermäßige Produktion und Ausscheidung von Ketonkörpern, ist eine metabolische Entgleisung des Energiestoffwechsels, durch die Leistungseinbußen (ca. 15% Totalausfälle) entstehen können und andere Erkrankungen (Infektionskrankheiten, weitere Stoffwechselstörungen, Fertilitätsprobleme) begünstigt werden (SCHOLZ 1997). Um die Menge an Bypass-Stärke bei der Rationsplanung zu berücksichtigen und somit die Gefahr für die Entstehung einer Pansenazidose bzw. Ketose möglichst zu reduzieren, ist zu erwägen, die ruminale Abbaubarkeit der Stärke als Kenngröße mit in die Bewertung von Maissilagen einfließen zu lassen.

Während zum Zeitpunkt der Blüte die Maispflanze reich an Rohfaser und löslichen Kohlenhydraten ist, überwiegt bei Wachstumsabschluss die Stärke mit im Durchschnitt 300 g/kg T (DACCORD 1994, DLG- Tab. 1997). Der Kolben macht dann rund 60% der Ganzpflanze und somit den wesentlichen Anteil des Futterwertes der gesamten Maissilage aus (ZSCHEISCHLER et al. 1974). Aus diesem Grunde wurden Sorten gezüchtet, die neben einem hohen Ertrag einen möglichst hohen Anteil an Körnern bzw. Kolben an der Gesamtpflanze aufweisen. Ertrag, Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit der Restpflanze wurden jedoch bei der Züchtung bisher nur wenig beachtet. Nach BARRIERE et al. (1991) und DACCORD (1994) kompensiert der zunehmende Anteil und die hohe Gesamtverdaulichkeit der Körner (VOS > 90%) sowie der abnehmende Rohfaseranteil die im Reifeverlauf der Pflanze abnehmende Verdaulichkeit des Stengels und der Blätter (VOS < 60%), so dass sich die Verdaulichkeit der Ganzpflanze bis zum Erreichen eines T-Gehaltes von 30 - 35% (Teig - Gelbreife) kaum ändert und zwischen 72% und 76% beträgt. HUNTER (1979) sowie BÖHM et al. (1983) beschrieben dagegen eine Abhängigkeit der Gesamtpflanzenverdaulichkeit von der Höhe des Restpflanzenanteils. So kann insbesondere bei schlechter Kolbenentwicklung die mit steigender Maisreife reduzierte Restpflanzenverdaulichkeit zu einem Rückgang der Verdaulichkeit der Gesamtpflanze führen (BÖHM et al. 1983). GROSS (1979) folgerte

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

daraus, dass der Kolbenanteil mindestens auf 50% der Gesamtpflanze ansteigen muss, damit eine Verringerung des Nährstoffgehalts der Gesamtpflanze vermieden wird. So zeigten die Ergebnisse von HERTER et al. (1996), dass neben dem Körneranteil auch die Verdaulichkeit von Stengeln und Blättern qualitätsbestimmend für die Maissilage ist, und dass die Verdaulichkeit der Ganzpflanze stärker durch den Lignozellulose-, Zellwand- und Rohfasergehalt beeinflusst wird als durch den Körneranteil oder Stärkegehalt. Die Zusammensetzung der Zellwandkomponenten und die ruminale Abbaubarkeit der Zellwandbestandteile sollten demnach ebenfalls in die Bewertung von Maissilage als Futtermittel einbezogen werden.

2.2 EINFLUSS DER SORTE AUF DEN FUTTERWERT VON MAISSILAGEN

Bei der Wahl der Maissorte für die Herstellung einer Maissilage werden vor allem pflanzenbauliche Gesichtspunkte wie Widerstandsfähigkeit gegen Kälte und Trockenheit sowie Standfestigkeit, Reifegruppe und Massenertrag bzw. Energiekonzentration in der Silage berücksichtigt. Um den Energiegehalt von Silagen aus verschiedenen Maissorten, d.h. die sortenabhängige Relation Kolben-Restpflanze, den Gehalt an Inhaltsstoffen sowie die Verdaulichkeit des Kolbens und der Restpflanze zu vergleichen, sind möglichst alle anderen einflussnehmenden Faktoren, wie Anbauort, Anbaujahr (Witterungs-Verhältnisse), Anbaudichte, Erntezeitpunkt und Siliertechnik zu standardisieren, um einen möglichst gleichen physiologischen Reifestatus zum Erntezeitpunkt zu erreichen. ROHR et al. (1986) wiesen z.B. bei einer höheren Bestandsdichte des Maises einen Rückgang des Körneranteils, eine Zunahme an Zellwandbestandteilen und dadurch eine geringere Verdaulichkeit bei der gleichen Sorte nach. Zu vergleichbaren Ergebnissen kamen andere Autoren in früheren Untersuchungen (MCALLEN und PHIPPS 1977, PHIPPS et al. 1979, FISCHER und FAIRY 1980). Ebenso führten unterschiedliche Häcksellängen bei Silagen aus einer Maissorte zu unterschiedlichen Verdaulichkeiten (HONIG und ROHR 1984, HEIMBECK et al. 1988). Auch das Anbaujahr hatte in Untersuchungen von JOCHMANN (1999) einen erheblichen Einfluss auf die Inhaltsstoffe der Silage gleicher Sorte und auf die Verdauungsprozesse bei der Verfütterung. Der Erntezeitpunkt der Maispflanze und der davon abhängige T-Gehalt ist der am stärksten einflussnehmende Faktor, der einen Sorteneinfluss beim Vergleich

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

überdecken kann. PEX et al. (1996) stellten in ihrer Arbeit ausführlich die Veränderungen der T-Gehalte und der Inhaltsstoffe mit zunehmender Reife, die vor allem die pflanzlichen Gerüstsubstanzen und die Stärke, aber auch die Rohasche, das Rohfett und das Rohprotein betrafen, dar. Ebenso kann Frost einen sprunghaften Anstieg im T-Gehalt der Restpflanzen, insbesondere in den Blättern hervorrufen (CALDER et al. 1977, BÖHM et al. 1983). Wassermangel bzw. Trockenschäden können den T-Gehalt der Restpflanze ebenfalls deutlich ansteigen lassen und wirken sich negativ auf die Kolbenbildung aus.

Um diese Faktoren weitgehend auszuschließen und somit einen direkten Sortenvergleich zu ermöglichen, zogen SCHWARZ et al. (1996) als Maß für einen vergleichbaren Reifegrad bei der Ernte den T-Gehalt des Kolbens heran. Dieser lag bei 52% - 54%. Der T-Gehalt in den zu vergleichenden Silagen variierte mit 30% - 31% nur wenig. Unter diesen Bedingungen konnte ein sortenspezifischer Einfluss auf den Gehalt an pflanzlichen Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) und an Stärke nachgewiesen werden. Ähnliche Effekte beschrieben ASELTINE (1988) und HEPTING (1992). SCHWARZ et al. (1996) beobachteten in ihrem Sortenvergleich ausgeprägte Unterschiede in der Verdaulichkeit der Rohfaser, die vor allem aus der rohfaserreichen Restpflanze stammt. Auch andere Autoren beschrieben, dass die Verdaulichkeit der Silage ein stark durch die Maissorte bestimmtes Merkmal ist (DEINUM und BAKKER 1981, KÖHLER et al. 1990, HERTER 1991). Weitere Arbeiten wiesen signifikante Unterschiede in der in situ-Abbaubarkeit der ADF-Fraktion (COLLAR et al. 1991), in der Restpflanzenverdaulichkeit (KÖHLER et al. 1989) sowie in der ruminalen Abbaubarkeit der pflanzlichen Gerüstsubstanzen (FLACHOWSKY et al. 1993) zwischen Silagen aus verschiedenen Maissorten nach. In Studien von BAL et al. (2000a) wurden dagegen keine Differenzen hinsichtlich des ruminalen Trockensubstanz- bzw. NDF-Abbaus zwischen zwei getesteten Hybriden mit vergleichbarem NDF-Gehalt festgestellt. In einem zweiten Versuch (BAL et al. 2000a) an zwei Silagen mit unterschiedlichem NDF-Gehalt zeigte jedoch die Silage mit höherem NDF-Gehalt einen geringeren ruminalen T- und Stärkeabbau als die Silage mit niedrigerem NDF-Gehalt. In einem Fütterungsversuch führten die Maissilagen mit unterschiedlichem NDF-Gehalt allerdings zu keinen sortenspezifischen Unterschieden hinsichtlich Milchleistung und Milchinhaltstoffen (BAL et al. 2000b). In situ-Versuche mit Restpflanzen von neun verschiedenen Maissorten (BARRIERE 1998) zeigten,

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

dass der Umfang des NDF-Abbaus dem prozentualen Anteil an NDF in der Pflanze entsprach und signifikant unterschiedlich zwischen den Sorten war. Diese Aussage steht somit in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von BAL et al. (2000b). Auch TAMBURINI et al. (1999) sowie PARYS et al. (2000a) beschrieben bei dem Vergleich verschiedener Hybriden einen sortenspezifischen Effekt hinsichtlich der ruminalen NDF-Abbaubarkeit, der sich bei TAMBURINI et al. (1999) über alle Reifestadien zeigte, PARYS et al. (2000a) konnten jedoch keinen Zusammenhang zum NDF-Gehalt beobachten. VERBIC und STEKA (1995) erklärten die Unterschiede in der ruminalen effektiven T-Abbaubarkeit zwischen den Sorten mit den jeweiligen Gehalten an ADF. Sie schlussfolgerten aus ihren Ergebnissen, dass die Nylonbag-Abbaubarkeit von Faserbestandteilen sehr gut zur Differenzierung von Sorten hinsichtlich ihres Futterwertes zu nutzen ist. LANGENHOFF et al. (2001) konnten bei Maissilagen mit höherem Rohfasergehalt eine höhere Rohfaserverdaulichkeit feststellen. RUSSEL et al. (1992), MIR et al. (1992) und IRLBECK et al. (1993) wiesen darauf hin, dass sortenspezifische Verdaulichkeits-Unterschiede in den ADF- und ADL-Anteilen bzw. in der Art der Lignifizierung der pflanzlichen Zellwände begründet sind. Für die Maismutanten „Brown midrib“, die durch das eingekreuzte „Brown midrib-Gen“ eine verringerte Ligninsynthese besitzen, ist von vielen Autoren eine höhere Verdaulichkeit beschrieben worden (COLENBRANDER et al. 1975, WELLER und PHIPPS 1986, CONE und ENGELS 1993). In Untersuchungen zum ruminalen Abbau der Restpflanzen verglichen TOVAR-GOMEZ et al. (1997) die Brown midrib-3-Mutante mit einer herkömmlichen Sorte. Die Autoren erklärten die höhere Abbaubarkeit der T bzw. der NDF bei der genetisch veränderten Hybride mit einem geringeren Anteil an Zellwandbestandteilen bei der Mutante, konnten jedoch keinen signifikanten Effekt zwischen dem Ligningehalt und der NDF-Abbaubarkeit feststellen. Ebenso beschrieben BAL et al. (2000a) einen signifikant höheren ruminalen Abbau von NDF und Trockensubstanz bei Maissilagen aus der brown midrib-Mutante im Vergleich zu normalen Hybriden. Trotz dieser Effekte, die durch die Restpflanze bedingt sind, kommt dem Anteil des Kolbens und damit dem Anteil der Maiskörner an der Gesamtpflanze bezüglich der Verdaulichkeit die größte Bedeutung zu. Der Stärkegehalt wird von Kolbenanteil und Vegetationsstadium beeinflusst. Aufgrund der zunehmenden Stärkeeinlagerungen in den Kolben bei gleichzeitig steigendem prozentualen Anteil des Kolbens an der Gesamtpflanze nimmt auch der Stärkegehalt der Maisganzpflanze zu

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

(SCHWARZ et al. 1996). Gleichzeitig sinkt jedoch mit steigender Reife bzw. bei steigendem T-Gehalt des Kolbens der Stärkegehalt der Restpflanze. SCHWARZ et al. (2000) stellten bei den in ihrem Versuch eingesetzten Silagen aus unterschiedlichen Maissorten einen Unterschied im Stärkegehalt von 27% - 32% fest, wobei die Stärke vom Rind und vom Schaf mit 98% - 99% fast vollständig verdaut wurde. Sortenspezifische Unterschiede in der ruminalen Abbaubarkeit von Maisstärke sind bei fistulierten Milchkühen beschrieben worden (FLACHOWSKY et al. 1992b, LOOSE 1999). Da, wie bereits erwähnt, der Maiskolbenanteil jedoch nicht nur sortenspezifisch variiert, sondern auch von zahlreichen anderen Faktoren wie Erntezeitpunkt, Bestandsdichte und Anbaujahr bzw. Witterungsverhältnissen abhängt (PEX et al. 1996), beeinflussen diese unter praktischen Bedingungen die Gesamtverdaulichkeit bzw. den Energiegehalt am meisten (SCHWARZ et al. 1996). Nach Literaturangaben (SCHWARZ et al. 1996) belaufen sich die Energiegehalte von Silagen aus unterschiedlichen Maissorten zwischen 6,1 - 6,6 MJ NEL/kg T und zeigen somit Abweichungen zwischen den Sorten von 7% - 9%. Ähnliche Differenzen sind auch von anderen Autoren beschrieben worden (ASELTINE 1988, HEPTING 1992,). Diese Energiewerte sind jedoch anhand von Verdauungsversuchen an Schafen ermittelt, bei denen die Verdaulichkeit insgesamt etwas höher ausfällt als bei Rindern (PEX et al. 1996).

2.3 BEDEUTUNG DES RUMINALEN ABBAUS FÜR DIE VERSORGUNG DER KÜHE

Die Verdauung der aufgenommenen Nahrung in den Vormägen der Wiederkäuer steht in enger Beziehung zur mikrobiellen Besiedlung der Vormägen. Die Mikroorganismen, die sich in Bakterien, Protozoen und Pilze gliedern, leben in einem symbiotischen Verhältnis zum Wirtstier und stellen dem Wiederkäuer durch Fermentations- und Syntheseleistung hochwertige Nährstoffe auch aus Futtermitteln zur Verfügung, die durch die körpereigenen Enzyme des Wirtstieres nicht verdaut werden können. Die wichtigste Fermentationsleistung ist der mikrobielle Abbau von pflanzlichen Zellwandbestandteilen, wobei flüchtige Fettsäuren entstehen, die der Wiederkäuer nutzen kann. Als wichtige Syntheseleistung ist auch die Bildung von mikrobiellem Protein (essentielle und nichtessentielle Aminosäuren) und von wasserlöslichen Vitaminen zu sehen. Die am wenigsten abbaubare Fraktion im Futter der

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

Wiederkäuer wird analytisch als Rohfaser zusammengefasst und steht für Zellwandbestandteile, die sich aus chemisch z.T. sehr unterschiedlichen Substanzen, wie Zellulose, Hemizellulose, Pektinen, Lignin sowie Wachs, Subserin und Kutin zusammensetzt (ENGELHARDT und BREVES 2000).

Durch die mit Hilfe der Detergenzien-Analyse erfassbaren Fraktionen NDF und ADF ist eine eindeutigere Zuordnung einzelner Zellwandbestandteile möglich. Mit den Hauptbestandteilen Zellulose, Hemizellulose und Lignin repräsentiert die NDF-Fraktion im wesentlichen die pflanzlichen Zellwände. Die ADF-Fraktion ist als alleiniges Maß für den Gehalt an Faser nicht geeignet, da die Hemizellulosen nicht enthalten sind. Sie steht jedoch ebenfalls für den Gehalt an Zellulose sowie Lignin, Kutin, Kieselsäure und unverdaulichem Stickstoff (SCHNEIDER und FLACHOWSKY 1991). Aus der Differenz NDF-ADF lässt sich somit die Hemizellulose berechnen. Die Zellinhaltsstoffe, bestehend aus Proteinen, Nukleinsäuren, Kohlenhydraten und Lipiden, können auch durch körpereigene Enzyme abgebaut werden. Durch Hydrolyse der Zellwandbestandteile werden Monomere gebildet, die in der anaeroben Glykolyse und im Pentose-Phosphatzyklus zu Pyruvat umgesetzt werden, welches mit hoher Geschwindigkeit weiter in kurzkettige Fettsäuren (Acetat, Propionat, Butyrat u. a.) umgewandelt wird, die die Hauptenergiequelle für Wiederkäuer bilden (ca. 60% ihres Energiebedarfes). Zusätzlich werden bei diesem Vorgang Pansengase gebildet, die zu ca. 50% - 60% aus CO₂ bzw. 30% - 40% aus Methan bestehen (ENGELHARDT und BREVES 2000), wobei das letztere einen erheblichen Energieverlust (2 - 15% der Bruttoenergie) darstellt (JOHNSON et al 1993). Die einzelnen flüchtigen Fettsäuren werden je nach Art der aufgenommenen Kohlenhydrate und der physikalischen Struktur des Futters in unterschiedlichen molaren Anteilen gebildet. Dabei überwiegt meist der Anteil des Acetats, gefolgt von Propionat und Butyrat. JENTSCH und WITTENBURG (1993) beschrieben einen Anstieg des Acetatanteils bei steigendem Rohfasergehalt in der Ration und eine Verminderung der Acetatanteile zugunsten einer Erhöhung des Propionatanteils bei einem steigenden Anteil an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten. Neben den drei erwähnten unverzweigten Fettsäuren werden auch Valeriat und die verzweigten Fettsäuren Isobutytrat und Isovaleriat in geringen Mengen gebildet. Die Konzentration an flüchtigen Fettsäuren im Pansen ist neben der produzierten Menge auch vom Volumen an Pansenflüssigkeit, der

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

Resorption über die Vormagenwand und der Passagerate der Digesta abhängig. Der Umfang, in dem Zellwandbestandteile mikrobiell umgesetzt werden, hängt u.a. von der Unversehrtheit der pflanzlichen Epidermis, der Feinstruktur der Polysaccharide und dem Lignifizierungsgrad des Pflanzenmaterials ab. Stark lignifizierte Zellwände behindern die Diffusion der zellolytischen Enzyme in die Zelle. Daher nimmt der mikrobielle Abbau mit steigendem Ligningehalt ab (ENGELHARDT und BREVES 2000). Auch KOLB (1989) erörterte, dass der Gehalt an inkrustierenden Substanzen (Lignin u. a.), an leicht verdaulichen Kohlenhydraten und an Rohprotein in den Futtermitteln von Bedeutung für den Umfang des Abbaus der Zellulose im Pansen sind. Besteht die Futtermittelration aus hohen Anteilen ruminal leicht abbaubarer Kohlenhydrate (Stärke), so kommt es zu einem verminderten ruminalen Zellwandabbau (HAMILTON 1942, EL-SHAZLY et al. 1961, HENNING et al. 1980). Der Grund für diesen Effekt ist eine starke Fettsäurenproduktion und ein daraus resultierender niedrigerer pH-Wert, der die zellulolytischen Mikroorganismen hemmt (MOULD et al. 1984, STERN und BACH 1997). KAMPHUES et al. (1999) beschrieben bei der Verfütterung von Rationen mit 90% Getreideanteil eine sehr hohe Produktion von flüchtigen Fettsäuren und Milchsäure im Pansen, die einen pH-Wert unter 5,4 nach sich zogen und einen defaunierenden Effekt hatten. Durch diese Veränderung im Pansenmilieu stellen sich geringerer Zelluloseabbau und damit eine geringere Raufuttermittelaufnahme ein (LEBZIEN 1985). RUSSELL und WILSON (1996) kommen zu dem Ergebnis, dass bereits bei einem pH-Wert unter 6 die wichtigsten zellulolytischen Bakterien nicht mehr wachsen. Dabei spielt neben der Hemmung der zellulolytischen Bakterien auch die Konkurrenz um essentielle Nahrungsfaktoren zwischen amylolytischen und zellulolytischen Bakterien eine wichtige Rolle (CONE 1991). Außerdem besteht die Gefahr der Pansenazidose. Eine effektive Pufferung durch den Speichel bleibt aus, wenn das kohlenhydratreiche Futter gleichzeitig strukturarm ist und dadurch das Wiederkauen vermindert wird (ØRSKOV 1986). Beim Einsatz stärkereicher Rationen hat somit ein verminderter mikrobieller Stärkeabbau im Pansen einen Vorteil, da das fermentationsbedingte Absinken des pH-Wertes reduziert wird. Gleichzeitig wird damit jedoch auch weniger Energie für die mikrobielle Proteinsynthese im Pansen bereitgestellt. Stärke, die dem ruminalen Abbau entgeht, kann im Dünndarm durch körpereigene Enzyme zu Glukose gespalten und resorbiert werden (CHASE 1993). Diese postruminale Stärkeverdauung vermindert die Fermentationsverluste im Pansen und stellt

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

direkt Glukose für die Laktosesynthese zur Verfügung, so dass weniger Energieverluste durch die Glukoneogenese auftreten (CHASE 1993, HUNTINGTON und GIVENS 1997). Die in der Ration vorkommenden N-haltigen Verbindungen (Proteine und NPN-Verbindungen) werden durch mikrobielle Enzyme zu Peptiden, Aminosäuren und NH_4^+ abgebaut, welche dann zur Neusynthese von mikrobiellem Protein dienen. Je nach Fütterung wird das mikrobielle Protein zu 40% - 95% aus NH_4^+ gebildet (ENGELHARD und BREVES 2000).

2.4 RUMINALER ABBAU VON MAISSILAGE

Um den Futterwert von Maissilage als Grundfutter oder auch als Alleinfutter richtig einschätzen und den Einfluss auf den ruminalen Abbau bei Kühen beurteilen zu können, müssen die einzelnen Fraktionen untersucht werden. Dabei wird der ruminale Abbau der Körner vor allem durch die Stärkeabbaubarkeit und der ruminale Abbau der Restpflanze durch die Abbaubarkeit der Gerüstsubstanzen bestimmt. Stärke, die nicht im Pansen abgebaut wird, kann in begrenztem Umfang im Dünndarm effektiver genutzt werden (MATTHÉ 2001) und hat somit einen positiven Effekt für die Energieversorgung der Hochleistungskuh. Zellwände, die im Pansen nicht abgebaut werden, reduzieren dagegen den Zugang zum Zellinhalt, senken die Futteraufnahme und können lediglich im Dickdarm im begrenzten Umfang noch verdaut werden.

TAMBURINI et al. (1999) verglichen die in sacco-Abbaubarkeit von Silagen aus zwei Maishybriden, wobei eine Hybride einen geringeren Faseranteil und eine höhere ruminale NDF- bzw. T-Abbaubarkeit aufwies. Beim Vergleich von Maissilagen aus einer brown midrib-Sorte mit einem konventionellen Hybriden konnten BAL et al. (2000a) bei der Mutante mit $\text{NDF} < 3,5\%$ einen höheren ruminalen Abbau der T beobachten. Auch HUNT et al. (1993) stellten eine wesentlich höhere in situ T-Abbaubarkeit bei einer Maissilage mit einem geringeren Anteil an NDF, ADF und ADL fest. Der ruminale T-Abbau wurde demnach vor allem durch die Restpflanze bestimmt. VERBIC und STEKA (1995) wiesen jedoch darauf hin, dass die Abbaubarkeitswerte, die bei in sacco-Versuchen mit Maissilagen ermittelt wurden, nicht eindeutig dem Korn- oder dem Restpflanzenanteil zugeordnet werden konnten. Somit sind neben den Zusammensetzungen der einzelnen Pflanzenfraktionen auch deren

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

relative Anteile an der Gesamtpflanze zu berücksichtigen. Zusätzlich ist der Einfluss der Silierung zu beachten. So zeigten silierte Körner einen höheren ruminalen in sacco-Abbau als unsilierte Maiskörner (ETTLE 2001) und auch HUNT et al. (1993) berichteten über eine Reduzierung des Anteils an pflanzlichen Gerüstsubstanzen infolge von Silierung, welches sich ebenfalls auf die ruminale Abbaubarkeit der Maissilage auswirken kann. Die ruminale Abbaubarkeit von Maissilagen aus Ganzpflanzen ist somit das Ergebnis der Abbaubarkeiten von Kolben, Restpflanze sowie des Silierprozesses.

2.4.1 Ruminaler Abbau von Stärke (Körnern)

Maisstärke, als Hauptbestandteil der Körner, wird im Vergleich zu anderen Stärkequellen (z.B. Weizen und Gerste) ruminal langsamer abgebaut (LOOSE 1999, MATTHÉ 2001). Sie kann bis zu 40% der Pansenfermentation entgehen (ØRSKOV 1986). Die Gründe hierfür sind in ihrer morphologischen Struktur zu suchen (KOTARSKI et al. 1992, CHASE 1993). Die Stärkekörner sind größer und weisen im Gegensatz zu anderen Stärken eine dichtere Verkleisterung auf. Zudem behindern „Proteinbarrieren“ um die Stärkeeinlagerungen im Endosperm des Maiskorns den bakteriellen Zugriff (MICHALET-DOREAU et al. 1997). Körnermais enthält zwischen 60% und 78% Stärke in der Trockensubstanz (HERRA-SALDANA et al. 1990, STREETER et al. 1990, DLG-TAB. 1997). Sie liegt in Form von Amylose und Amylopektin vor (SCHULDT 1989). Amylose ist unverzweigt, während Amylopektin eine wesentlich längerkettige verzweigte Struktur aufweist. Beide Anteile sind durch Wasserstoffbrücken untereinander verbunden (MORRISON 1979). Der ruminale Abbau der Stärke findet überwiegend durch Enzyme der amylolytischen Bakterien extrazellulär statt (FRENCH 1973). Der Anteil von Amylose und Amylopektin an der Maisstärke kann je nach Sorte und Reife variieren und bewegt sich zwischen 20% - 30% Amylose bzw. 70% - 80% Amylopektin. KOTARSKI et al. (1992) beschrieben, dass sogenannte „wachsige“ Sorten, bestehend aus 99% Amylopektin und 1% Amylose, ruminal eine wesentlich höhere Abbaubarkeit aufwiesen als „nichtwachsige“ Sorten, in denen der Amylosegehalt bei 25% lag. MICHALET-DOREAU und CHAMPION (1995) bestätigten, dass die „wachsige“ Stärke mit 74% im Pansen einen höheren effektiven Abbau (Passagerate 4%/h) aufwies als herkömmliche Stärke, die einen Abbau von lediglich 63% zeigte. Das

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

Maiskorn besteht neben dem Perikarp und dem Embryo zu 84% aus dem stärkehaltigen Endosperm (KOTARSKI et al. 1992). Die „mehlige“ Form des Endosperms, die einen geringeren Anteil an peripheren und zentralen Proteinen besitzt, ist ruminal höher abbaubar als die „gläserne“ Form, die einen deutlich höheren Anteil an Proteinen aufweist. PHILLIPEAU und MICHALET-DOREAU (1997) beschrieben im Nylonbag eine höhere effektive Abbaubarkeit (Passagerate 4%/h) der „mehlig“ Maishybride (62%), im Vergleich zu dem „gläsernen“ Typ, der durch die stärker ausgeprägte „Proteinhülle“ nur zu 40% abbaubar war. Diese Untersuchungen zeigten, dass die unterschiedliche Zusammensetzung der Stärke (Amylose / Amylopektin) sowie die Strukturierung des Endosperms bei unterschiedlichen Maistypen einen erheblichen Einfluss auf die ruminale Umsetzung in den Vormägen der Wiederkäuer besitzt.

FLACHOWSKY et al. (1992b) diskutierten die Unterschiede im in situ-Abbau der Maisstärke von verschiedenen Maissorten nach 24stündiger Inkubation im Pansen. Die Abbauraten betragen je nach Sorte zwischen 63% und 86%. Ebenso konnten andere Autoren (ASELTINE 1988, COLLAR et al. 1991, VERBIC und BABNIK 1997, LOOSE 1999) unterschiedliche in sacco-Abbaubarkeiten für die Trockensubstanz bzw. für die Stärke bei verschiedenen Körnermaissorten beobachten. LEBZIEN et al. (1997) zeigten bei organischer Substanz, Rohprotein und Stärke von Körnern verschiedener Maissorten Unterschiede bis zu 14 Prozentpunkten. Insgesamt ist festzustellen, dass neben anderen Faktoren wie Reife und Klima auch die Maissorte einen beträchtlichen Effekt auf die ruminale Abbaubarkeit der Stärke hat (HUNT et al. 1989, PHILIPPEAU et al. 1999). Ebenso erhöhen verschiedene Behandlungen, wie Mahlen und Quetschen der Maiskörner die ruminale Abbaubarkeit, indem die Proteinmatrix, die die Stärkegranula umgibt, zerstört und die Stärke für amylolytische Enzyme leichter angreifbar wird (KOTARSKI et al. 1992). Desgleichen verändern z.B. Feuchtigkeit, Druck und Hitze die Angreifbarkeit und damit die Verdaulichkeit der Stärke (NOCEK und TAMMINGA 1991). Bei Maissilagen ist der Einfluss der Silierung auf den ruminalen Trockensubstanz- und Stärkeabbau von besonderem Interesse. So fand ETTLE (2001) für die Abbaubarkeit von silierten Körnern unterschiedlicher Maissorten wesentlich höhere Abbauwerte (84% - 90%, Passagerate 8%/h) als HRIC et al. (2000), die im unsilierten Zustand nur Abbauwerte von 66% - 77% bei gleicher Passagerate (8%/h) ermittelten. Ein höherer in vitro-Trockensubstanzabbau von Maiskörnern nach Silierung wurde auch von

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

GALEYAN et al. (1976) in früheren Untersuchungen beobachtet. Bei KNOWLTON et al. (1996) ging ein erhöhter Stärkeabbau in vitro mit einer erhöhten ruminalen Fermentation nach Verfütterung von silierten gegenüber getrockneten Körnern einher. Ebenso wiesen EVANS und COLBURN (1967), GALYEAN et al. (1981), NOCEK (1987) bzw. PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU (1998) eine erhöhte effektive Abbaubarkeit siliertter Maiskörner im Vergleich zu unsiliertem Material nach. Die Silierung der Maiskörner führt nach BARON et al. (1986) zu einer teilweisen Auflösung der Proteinmatrix, die sich um die Stärke im Endosperm befindet. Da die Proteinmatrix für den Angriff der Pansenmikroben die Hauptbarriere darstellt (MCALLISTER et al. 1993), führt ihre Auflösung während der Silierung zu einem Anstieg des ruminalen Stärkeabbaus (PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU 1998).

Zusammenfassend ergibt sich aus der vorliegenden Literatur, dass es bezüglich des ruminalen Abbaus der Maiskörner Unterschiede mit steigender Reife und zwischen verschiedenen Sorten gibt, die durch Unterschiede im Aufbau des Endosperms bedingt sind. Eine Silierung erhöht die ruminale Abbaubarkeit und reduziert die Unterschiede. Obwohl der Effekt des Reifestadiums auf die Abbaubarkeit der Stärke bei Maissilage weniger ausgeprägt ist als bei Körnermais, zeigte sich in in sacco-Versuchen von VERASLIP (1986) bei Lieschkolbenschrotsilage und JOCHMANN (1999) bei Maissilage ein von 93% auf 70% bzw. von 94% auf 88% reduzierter Stärkeabbau bei zunehmendem Vegetationsstadium. Dieser Befund konnte jedoch von JOCHMANN (1999) mit Maissilage aus einem anderen Anbaujahr nicht reproduziert werden. Bei diesem Versuch stieg die Stärkeabbaubarkeit mit zunehmender Reife sogar geringfügig an. BAL et al. (2000a) erklärten die abnehmende in situ-Abbaubarkeit von Stärke bei Maissilagen bei zunehmender Reife mit einer Verhärtung der Körnertextur im Reifeverlauf.

Zur Charakterisierung des ruminalen Abbaus der silierten Ganzpflanze ist neben der Kenntnis des Körner- bzw. Stärkeabbaus die Erfassung der Abbaubarkeit der Restpflanze im Pansen von Bedeutung.

2.4.2 Ruminaler Abbau von Zellwandbestandteilen (Restpflanzen)

Während der Maiskolben energiereich und hochverdaulich ist, weist die Restpflanze eine relativ geringe Energiekonzentration auf. Im Laufe der Vegetation steigt der T-Gehalt und der Anteil des energiereichen Kolbens nimmt zu. Gleichzeitig gehen Verdaulichkeit und Energiekonzentration in der Restpflanze zurück, da ihr Gehalt an pflanzlichen Gerüstsubstanzen stark ansteigt und an leichtlöslichen Kohlenhydraten absinkt (GROSS 1970, GROSS und PESCHKE 1980b, GRUBER et al. 1983, DEINUM et al. 1984, RUSSEL 1986, IRLBECK et al. 1993). So ist bei hohen Reifegraden ein deutlicher Anstieg an ADF und Lignin in den pflanzlichen Gerüstsubstanzen zu verzeichnen (CONE und ENGELS 1993, IRLBECK et al. 1993). Umgekehrt ermittelten BÖHM et al. (1983) und GRUBER et al. (1983) im Verlauf der Abreife einen sinkenden Stärkeanteil bei gleichzeitigem Anstieg der NDF-, ADF-, und ADL-Gehalte in den Restpflanzen. Die Abbaubarkeit der Restpflanze ist nach VERBIC und STEKA (1995) relativ exakt anhand der Abbaubarkeit der NDF einschätzbar. Somit kann der ruminale Abbau der Restpflanze durch die Abbaubarkeit der Zellwandbestandteile bestimmt werden. Deshalb soll im Folgenden auf diese Fraktion und ihre Eigenschaften näher eingegangen werden.

Während die „Rohfaser“ als Fraktion nicht ausschließlich Zellwandbestandteile umfasst, sondern z.T. auch Zellinhalt, beschränkt sich die NDF auf die wichtigsten Zellwandbestandteile (Zellulose, Hemizellulose, Lignin) mit Ausnahme des Pektins. Die ADF-Fraktion enthält demgegenüber keine Hemizellulose, wird jedoch zur Berechnung des Gehaltes an Zellulose, Lignin, Kutin, Kieselsäure und unverdaulichem Stickstoff herangezogen. Der Gehalt an Hemizellulose errechnet sich somit aus der Differenz der NDF- und ADF-Gehalte. VAN SOEST (1982) ordnete die organischen Substanzen aufgrund der Detergentienanalyse in die in Tabelle 1 gezeigten Gruppen.

Abnehmende Verdaulichkeit von Futtermitteln bei steigendem Rohfaser- bzw. ADF-Gehalt wurde in der Literatur oft beschrieben (MERTENS 1973, VAN SOEST et al. 1978, VARGA und HOOVER 1983, VAN SOEST und MERTENS 1984). Dagegen war der NDF-Gehalt stärker mit der Höhe der Futteraufnahme korreliert. Auch in Versuchen von SCHEIBE (1988) konnte beim Vergleich von Maissilage mit Grassilage ein Zusammenhang zwischen dem NDF-Gehalt und der Futteraufnahme sowie zwischen dem ADF-Gehalt und dem in sacco-

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

Abbau nach 48 Stunden ruminale Inkubation bestätigt werden. Die hohe Korrelation von $r=0,90$ (VAN SOEST et al. 1975) unterstreicht die Eignung des NDF-Anteils als Kriterium zur Schätzung der Futteraufnahme.

Tabelle 1: Erfassung der Bestandteile der organischen Substanz durch die Detergentien-Analyse (VAN SOEST 1982)

Fraktion	Bestandteile	Verfügbarkeit
Zellinhalt , löslich in neutraler Detergens-Lösung	Lipide, Zucker, Stärke, org. Säuren, Pektine, NPN, lösliche Proteine, wasserlösliche Bestandteile	fast vollständig verdaulich, nicht lignifiziert
Zellwandbestandteile , unlöslich in neutralem Detergens	<p>A) löslich in saurem Detergenz: Hemizellulose, an Faser gebundenes Protein</p> <p>B) nicht löslich in saurem Detergenz: Zellulose, Lignin, Kutin, lignifizierter Stickstoff</p>	teilweise verdaulich, entsprechend dem Grad der Lignifizierung

Am ADF hat das unverdauliche Lignin einen hohen Anteil, so dass aus steigendem Gehalt dieser Fraktion eine geringere ruminale Abbaubarkeit resultiert. Auch VERBIC und STEKA (1995) erklärten unterschiedliche effektive ruminale Abbaubarkeiten von Restpflanzen mit den Gehalten an Detergentienfaser, speziell der ADF-Fraktion. Jedoch waren diese Korrelationen um so unsicherer, je mehr Futtermittel unterschiedlichen Ursprungs mit in die Untersuchung einbezogen wurden, da es sich sowohl bei der Rohfaser als auch bei NDF und ADF um z.T. chemisch sehr unterschiedliche Verbindungen mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften handelt (VAN SOEST 1982).

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

Der Anteil an potentiell abbaubarer Faser und nicht abbaubarer Faser bzw. die Rate des Faserabbaus sind nach ALLEN und MERTENS (1988), HOVELL et al. (1986) und ROBERTSSON (1988) als die wesentlichen Kriterien der Faserqualität anzusehen.

Um die ruminalen Abbaueigenschaften weiter zu charakterisieren, zogen MCBURNEY et al. (1983), ROBERTSSON et al. (1980), VAN SOEST und JONES (1988) und VAN SOEST (1985) physikalische Eigenschaften der Gerüstsubstanzen hinzu. So gewann die Kationenaustausch-Kapazität an Beachtung, die die Eigenschaft der Zellwände (NDF-Fraktion) zur Bindung von Kationen ausdrückt, durch funktionelle Gruppen (Carboxyl-, Amino-, phenolische Hydroxid-Gruppen) hervorgerufen wird und die vor allem in den Pektinen und in Hemizellulosen, jedoch auch in der Ligninfraktion, vorkommen. Zwischen der Kationenaustausch-Kapazität und dem Verhältnis Hemizellulose / Zellulose zu Lignin wurde eine signifikante Beziehung gefunden (MCBURNEY et al. 1983). Außerdem wurden die Einflüsse von verschiedenen Elementen wie Zn, Fe, Cu, Mg, der Pufferwirkung im Pansen, sowie der Bedingungen für das Anhaften der Pansenmikroben an die Zellwand hinsichtlich der ruminalen Abbaubarkeit diskutiert (VAN SOEST und JONES, 1988). Pansenmikroben, die negativ geladen sind, sollen sich über divalente Kationen (wahrscheinlich Ca, Mg) an die ebenfalls negativ geladene Zellwand anlagern können. Die Verschlechterung der Haftbedingungen bei einem niedrigen pH-Wert im Pansen erfolgt durch den Austausch der Metallionen gegen H^+ -Ionen und stellt somit eine potentielle Ursache für die Verringerung des Zelluloseabbaus bei konzentratreicher Fütterung dar. Der niedrige pH-Wert kann durch die Verabreichung größerer Mengen leicht fermentierbarer Kohlenhydrate (Stärke) herrühren. Dass Stärke einen negativen assoziierten Effekt auf die ruminale Abbaubarkeit von Zellwandbestandteilen besitzt, wurde von mehreren Autoren bestätigt (BURROGHS et al. 1949, HERSHBERGER et al. 1956, EL-SHAZLEY et al. 1961, BYERS 1974 und JOANNING et al. 1981). Auch BRINK und STEELE (1985) konnten mit steigendem Stärkegehalt der Ration einen sinkenden ruminalen NDF-Abbau nachweisen, der eine vermehrte postruminale NDF-Verdauung nach sich zog. Wie schon erwähnt, steht der ADF-Gehalt bzw. die Abbaubarkeit der Gerüstsubstanzen in Beziehung zur Höhe der Futteraufnahme. Umgekehrt beeinflusst jedoch die Höhe der Futteraufnahme auch die Abbaubarkeit der Gerüstsubstanzen. So verzeichneten VALENTIN et al. (1999a) einen

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

Rückgang der Abbaubarkeit bei steigender Futteraufnahme. Dieser Effekt beruht auf der gleichzeitig beschleunigten Pansen-Passage. Nach einem Modell von VAN SOEST (1982) besteht eine direkte Proportionalität zwischen dem Umfang an Substrat, das sich der Verdauung bzw. der Verdaulichkeit entzieht und der Passagerate. Dabei wird die ruminale Abbaubarkeit der langsam abbaubaren Zellwandkomponenten stärker von der Höhe der Futteraufnahme beeinflusst als die der schnell abgebauten Fraktionen, d.h. vor allem des Zellinhalts (SCHNEIDER und FLACHOWSKY 1991). PARYS et al. (2000a) konnten bei Restpflanzen von verschiedenen Maissorten eine sehr enge Korrelation ($r=0,99$) zwischen dem in situ-Trockensubstanz- und NDF-Abbau beobachten. SCHWARZ et al. (2000) ermittelten bei Maisrestpflanzen eine Korrelation zwischen den NDF- bzw. ADF-Gehalten und dem T-Gehalt von $r=0,63$ bzw. $r=0,66$ und somit eine enge Beziehung zwischen dem Reifestatus und dem Gehalt an Gerüstsubstanzen. Die in vitro-Verdaulichkeit zeigte in diesen Versuchen eine negative Beziehung zum Reifestatus. FLACHOWSKY und SCHNEIDER (1993) fanden an Maisrestpflanzen eine Korrelation zwischen dem Ligningehalt und der T-Abbaubarkeit von $r= -0,93$. Nach SCHWARZ et al. (2000) lässt jedoch der ADL-Gehalt weniger Rückschlüsse auf die Abbaubarkeit zu als der Gehalt an ADF und NDF. Auch andere Autoren vertreten die Auffassung, dass die effektive Abbaubarkeit der Restpflanzen-T enger mit dem ADF-Gehalt als mit dem ADL-Gehalt korreliert (MARTEN et al. 1975, JOHNSON et al. 1985, KÖHLER et al. 1989, VERBIC und STEKA 1995). Unabhängig vom Reifestadium, der damit verbundenen Zunahme an Gerüstsubstanzen und Abnahme des ruminalen T-Abbaus im fortgeschrittenen Vegetationstadium, zeigten auch Restpflanzen verschiedener Genotypen Unterschiede hinsichtlich des ruminalen T-Abbaus.

TOVAR-GOMEZ et al. (1997) verglichen eine bm3-Mutante mit fünf anderen Genotypen. Die Autoren stellten bei der Mutante einen geringeren Zellwandgehalt fest, der sich vor allem im Hemizelluloseanteil auswirkte und konnten eine damit verbundene höhere effektive Abbaubarkeit der Trockensubstanz (65% gegenüber 53%) und der NDF-Fraktion (36% gegenüber 30%) nachweisen. Sie erklärten diese Ergebnisse mit dem geringeren Zellwandanteil der Mutante, verbunden mit einem Abfall der unabbaubaren Fraktion gegenüber einem Anstieg der löslichen bzw. schnell abbaubaren Fraktion. BAL et al. (2000a) beschrieben ebenfalls eine höhere ruminale Abbaubarkeit der brown-midrib-Mutante und konnten in einem weiteren Versuch bei dem Vergleich einer NDF-reichen mit einer NDF-

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

armen Maissilage bei letzterer eine höhere Abbaubarkeit der T feststellen. Versuche von KÖHLER et al. (1990) bzw. von OBA und ALLEN (1999) zeigten eine höhere in vitro gemessene NDF-Abbaubarkeit bei Restpflanzen von einer bm3-Mutante mit reduziertem NDF-, ADF,- und ADL-Gehalt. PARYS et al. (2000a) stellten bei in situ Abbauprobungen mit Restpflanzen von 20 verschiedenen Maissorten erhebliche Unterschiede in den effektiven T- und NDF-Abbaubarkeiten zwischen den Sorten fest, konnten jedoch keinen Zusammenhang zu einzelnen Inhaltsstoffen bzw. Gerüstsubstanzen herstellen. Auch bei den Untersuchungen von TOLERA et al. (1999) an Restpflanzen zeigten sich keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen den in situ-Abbaubarkeiten und dem Gehalt an pflanzlichen Gerüstsubstanzen. Tendenziell lässt sich jedoch feststellen, dass bei der Mehrheit der Untersuchungen Restpflanzen mit einem geringeren Gehalt an Zellgerüstsubstanzen eine höhere ruminale Abbaubarkeit der T und NDF aufweisen, unabhängig davon, ob dieser durch das Reifestadium oder durch die Sorte bedingt ist. DEINUM (1988) zeigte bei Fütterungsversuchen mit verschiedenen Maishybriden in den Futterrationen unterschiedliche ruminale NDF-Abbaubarkeiten und TOVAR-GOMEZ et al. (1997) schlussfolgerten aus ihren Versuchen mit Maisrestpflanzen, dass der Grund für unterschiedliche Tierleistungen auf Unterschiede im Maisgenotyp, die unterschiedliche Zellwandabbaubarkeiten aufwiesen, beruhen. So wiesen FLACHOWSKY et al. (1993) in in situ-Versuchen und BROWN et al. (1999) anhand von in vivo-Versuchen an Mastbullen eine reduzierte ruminale NDF-Abbaubarkeit bei ansteigender Reife der Maispflanzen nach.

Zusammenfassend zeigen diese Ergebnisse die Bedeutung des NDF-Gehalts bzw. der ruminale Abbaubarkeit der NDF-Fraktion für die Beurteilung des Futterwertes von Maissilagen. BARRIERE et al. (1996) halten einen NDF-Abbaubarkeits-Index für jede Maissorte für unabhängiger vom Einfluss des Pflanzenreifestadiums als die in vitro-Verdaulichkeit und somit für Maiszüchter als ein aussagefähiges Kriterium, das Rückschlüsse auf den Futterwert zulässt. Die ruminale Abbaubarkeit der Zellwandbestandteile besitzt demnach eine große Bedeutung für die Futterwertbestimmung von Maissilagen.

2.5 METHODIK ZUR BESTIMMUNG DES UMFANGS UND DER DYNAMIK DES RUMINALEN ABBAUS

Ziel der eigenen Untersuchungen war die Bewertung der Umsetzung von Maissilagen im Pansen von Wiederkäuern. Da diese Umsetzungen vor allem im Rahmen von Durchflussmessungen aber vergleichend auch mittels der in sacco-Methode eingeschätzt werden sollen, wird anschließend eine Beurteilung beider Techniken vorgenommen.

Die Komplexität der ruminalen Verdauung beim Wiederkäuer erfordert zur Ergründung verdauungsphysiologischer Zusammenhänge ein größeres Spektrum an Methoden als bei anderen Spezies. In vivo-Messungen der ruminalen und postruminalen Verdauung sind mit aufwendigen kostenintensiven Operations- und Versuchstechniken verbunden und unter den heutigen tierschutzrechtlichen Aspekten immer schwieriger durchzuführen. Die Erfassung des duodenalen Nährstoffflusses als Endprodukt der Umsetzung in den Mägen setzt entweder Tiere mit Umleitungskanülen und der vollständigen Erfassung des Flusses oder den Einsatz von Flussmarkern voraus. Die Fistulierungen können an verschiedenen Stellen erfolgen. HUME et al. (1970) entnahmen die Digestaprobe direkt durch eine Fistel im Omasum, HART und LEIBHOLZ (1983) führten einen Schlauch über eine Pansenfistel durch die retikulo-omasale Öffnung und aspirierten von dieser Position Digestasubstrat aus dem Omasum. Die gebräuchlichste Entnahme der Proben zur Erfassung des postruminalen Digestaflusses erfolgt jedoch anhand von Fisteln, die sich im proximalen Duodenum möglichst nah am Pylorus befinden. Bei dieser Art der Fistulierung unterscheidet man die Umleitungsfistel, die den Chymus nach außen umleitet und eine Totalsammlung des Inhalts ermöglicht (SINGLETON 1961, PONCET et al. 1977), und die einfache T-Kanüle, die nur eine stichprobenartige Entnahme des Darminhaltes zulässt und somit die Anwendung eines Markers zur Messung des Digestaflusses am Entnahmepunkt erfordert. Die Marker müssen verschiedene Eigenschaften besitzen, die von FAICHNEY (1975) zusammengefasst worden sind. Der Marker darf weder absorbiert noch sezerniert, durch den Gastrointestinaltrakt und die mikrobielle Besiedlung nicht in seinem Aufbau verändert werden und sollte eine ähnliche physikalische Struktur wie das zu markierende Material (Darminhalt) aufweisen. Zudem muss die Nachweisbarkeit des Markers in den gewonnenen Proben gegeben sein und er darf zu keinen Problemen bei anderen Analysen führen. Eine Umleitungskanüle hat den Nachteil, dass sie zu Beeinträchtigungen der Darmperistaltik führt. Die kontinuierliche Erfassung der

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

Flussmenge über einen an der Hauben-Psalter-Öffnung (DARDILLAT 1987) oder am aufsteigenden Duodenum (PONCET und IVAN 1984) implantierten elektromagnetischen Chip ist sehr störanfällig und wurde nicht weiterentwickelt. Zudem ist es hierbei nicht möglich, die Nährstoffzusammensetzung zu analysieren. Die Methode für die Messung des Digestaflusses und der Passagerate des Panseninhalts anhand von Markern wurde erstmals von FAICHNEY (1975) bzw. WARNER (1981) beschrieben, wobei die gebräuchlichste Methode der Markergabe über das Futter oder direkt in den Pansen ist. Die Probenentnahme sollte an der Stelle erfolgen, an der bei kontinuierlicher Fütterung ein konstanter Markerfluss erreicht wird (CORBETT und PICKERING 1983, DOVE et al. 1988). Der Digestafluss kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$\text{Digestafluss g/d} = (\text{verabreichte Markermenge g/d}) / (\text{Markerkonzentration im Digestabrei g/g})$$

Der Darminhalt ist sehr heterogen, so dass es schwierig ist, repräsentative Stichproben zu gewinnen (HOGAN 1964, HOGAN und WESTON 1967). Deshalb ist eine häufige Probenentnahme über längere Zeit erforderlich. Für die Partikelphase und die Flüssigphase gibt es jeweils verschiedene Marker. Die Methode, bei der jede der beiden Phasen über einen eigenen Marker erfasst wird, wird als Doppel-Marker-Methode (FAICHNEY 1980) bezeichnet. Am häufigsten wird Chromoxid (Cr_2O_3) als Marker verwendet. Wurde in Weizenmehl verbackenes Cr_2O_3 10 Tage vor Beginn der Sammelperiode beginnend in 4 Teilgaben je Tag in den Pansen eingemischt und über 5 Tage alle 2 Stunden Proben gezogen, so fanden ROHR et al. (1984) eine gute Übereinstimmung bezüglich der totalen Flussmenge am Duodenum.

Soll zwischen mikrobiell synthetisierten und unabgebaut die Mägen passierenden Nährstoffen differenziert werden, so ist auch hierfür ein Marker erforderlich. Dabei können Art und Einsatz der Marker sowie tierindividuelle Schwankungen nicht unbedeutende Fehlerquellen darstellen.

Da die Versuche mit fistulierten Tieren aufwendig, nur an wenigen Orten durchführbar und wie beschrieben, mit Fehlerquellen behaftet sind, wurden alternative in situ- und in vitro-Techniken entwickelt, die weniger aufwendig und besser standardisierbar sind.

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

Zur Bestimmung der Abbaudynamik von Nährstoffen im Pansen kommt die sogenannte in sacco-Methode am häufigsten zum Einsatz (MERHREZ und ØRSKOV 1977), mit der das „Verschwinden“ der Nährstoffe einzelner Futtermittel aus Nylonbeuteln nach deren Inkubation im Pansen bestimmt wird. In Abhängigkeit von der Inkubationszeit ergeben sich nach verschiedenen mathematischen Modellen (ØRSKOV und MCDONALD 1979, MILLER und ØRSKOV 1980, MATHERS und MILLER 1981) für die Futtermittel charakteristische Verlaufskurven, die den Abbau der Nährstoffe beschreiben und aus denen die Abbaubarkeit kalkuliert werden kann. Die Kenngrößen der Verlaufskurven lassen zudem Aussagen über die Abbaudynamik der einzelnen Nährstoffe zu, wie sie aus in vivo-Versuchen nicht bzw. nur sehr schwer abzuleiten sind. Die in sacco- oder Nylonbag-Technik stellt eine leicht durchzuführende Methodik dar, die im Vergleich zu in vivo-Untersuchungen weniger aufwendig ist und den Vorteil gegenüber in vitro-Methoden besitzt, dass der Abbau direkt im Pansen bestimmt wird. Allerdings beeinflussen verschiedene Faktoren, wie Porengröße der Nylonbeutel, Beuteloberfläche, Menge an eingewogenem Material, Partikelgröße der Futterproben, Lokalisation der Beutel im Pansen, Futterration der Versuchstiere, Frequenz der Fütterung und Grad der mikrobiellen Anhaftung an die Futterpartikel im Beutelinhalt die ruminalen Abbauergebnisse und benötigen eine Standardisierung, um einen Bezug zu den in vivo-Versuchen herstellen zu können (LINDBERG 1985, NOCEK 1988, MICHALET-DOREAU und OULD-BAH 1989). Zum Teil führt jedoch gerade die erforderliche Standardisierung zu Abweichungen von in vivo-Bedingungen. So wird bereits durch die Probenvorbereitung wie Trocknung (MATTHÉ et al. 1998) und Zerkleinerung Einfluss auf das Ergebnis genommen. Auch wird z.B. durch das Vermahlen die Partikelgröße der Proben reduziert und damit die Angriffsfläche für den mikrobiellen Abbau vergrößert. LATHAM et al. (1978) und BAUCHOP (1981) beschrieben, dass an beschädigten Zellwandoberflächen der mikrobielle Abbau als erstes stattfindet. MICHALET-DOREAU und CERNAU (1991) erklärten, dass die jeweilige Partikelgröße je nach Art und Struktur des Futtermittels einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Abbaubarkeit besitzt, so dass genaugenommen keine Standardgröße nach dem Mahlvorgang für alle Futtermittel angegeben werden kann. Da ein großer Anteil der löslichen Fraktion bzw. der sehr kleinen Futterpartikel als Auswaschverluste (Inkubationszeit 0 Stunden) gilt und den Nylonbeutel unverdaut verlässt, muss dieser Anteil für jedes Substrat ermittelt werden, um die effektive Abbaubarkeit des jeweiligen Nährstoffes

2. Literaturübersicht und Ableitung der Aufgabenstellung

zu berechnen (WEISBJERG et al. 1990). Ebenso muss die Befestigung der Beutel innerhalb des Pansens so erfolgen, dass eine freie Bewegungsmöglichkeit im Rahmen der Pansenkontraktionen gegeben ist und die Beuteloberflächen im permanenten Kontakt mit dem Panseninhalt bleiben, so dass ein Austausch von Beutelinhalt und Pansenmilieu erfolgen kann (STRIZER et al. 1990).

Abweichungen von in vivo-Ergebnissen ergeben sich auch durch die in sacco vorgegebenen Verweilzeiten im Pansen sowie durch das fehlende Wiederkauen. Während Futterpartikel in vivo, sobald sie bis zu einem gewissen Grad abgebaut sind, den Pansen verlassen, werden sie in den in sacco-Versuchen durch den Nylonbeutel daran gehindert, was den Abbau verschiedener Futtermittel unterschiedlich beeinflusst. In vivo wird die Verweildauer nicht nur durch das Futtermittel selbst, sondern insbesondere durch das Fütterungsniveau bestimmt. HA und KENELLY (1984) bzw. PRIGGE et al. (1984) beschrieben zudem für Schafe und Rinder eine unterschiedliche Verweildauer des Futters im Pansen. Auch die in vivo stattfindende Zerkleinerung durch Kauen und Wiederkauen mit gleichzeitiger Einspeichelung fehlt in sacco. Der in sacco-Abbau von verschiedenen Nährstoffen im Pansen ist auch von der Fütterung des Versuchstieres und dem daraus resultierenden Pansenmilieu abhängig (PARYS et al. 2000b).

Ob ein Vergleich der Ergebnisse von in sacco- und in vivo-Versuchen mit gleichem Probenmaterial gegeben ist, und ob die weniger aufwendige Methode der in sacco-Technik die in vivo-Versuche in einem gewissen Maße ersetzen kann, ist eine weitere Fragestellung, die in der vorliegenden Arbeit untersucht wurde.

2.6 ABLEITUNG DER AUFGABENSTELLUNG

Die vier verschiedenen Maishybriden *Avenir*, *CGS5104*, *Byzance* und *CGS5107*, die in einem vorangegangenen Screening aus 26 Hybriden (Anbaujahr 1996) auf Grund der besonders hohen bzw. niedrigen in sacco-Abbaubarkeit ihrer Körner (LOOSE 1999) ausgewählt worden waren, wurden 1998 erneut angebaut und siliert. Die Silagen kamen sowohl im Rahmen der vorliegenden Arbeit als auch in einem Verdauungsversuch mit Hammeln und einem Fütterungsversuch an Milchkühen in Weihenstephan (ETTLE 2001) zum Einsatz.

Ergänzend zu den Untersuchungen von LOOSE (1999) und ETTLE (2001) und unter Berücksichtigung der Befunde der in den Abschnitten 2.1 bis 2.5 dargestellten Literatur wurden für die eigenen Untersuchungen folgende Aufgabenstellungen abgeleitet:

1. Es sollte mittels in sacco-Methode der Frage nachgegangen werden, ob sich die Ergebnisse zur ruminalen Abbaubarkeit von Körnern und Restpflanzen von vier Maishybriden auf die silierte Ganzpflanze übertragen lassen, und ob die Ergebnisse der in sacco-Messungen von den Einzelfractionen eine Charakterisierung der Maissilage bzw. eine Aussage über den Futterwert der aus diesen Maishybriden hergestellten Maissilagen zulässt.
2. Es sollte an vier ruminal- und duodenal gefistelten Milchkühen untersucht werden, welche Auswirkungen die aus den vier Maishybriden hergestellten Silagen auf die pansenphysiologischen Parameter, auf den ruminalen Rohfaser- und Stärkeabbau sowie auf die postruminale Anflutung der Nährstoffe haben. Untersuchungen über Effekte der Hybriden auf die ruminale Abbaudynamik von Ganzpflanzensilagen unter Einbeziehung der Gerüstsubstanzen in der Restpflanze sind in der Literatur kaum beschrieben und waren deshalb Hauptziel der durchgeführten Versuche.
3. Es wurde der Frage nachgegangen, ob die im Nylonbag ermittelten Abbauwerte Rückschlüsse auf den Umfang der Vormagenfermentation in vivo zulassen, und ob die Unterschiede zwischen den Maissilagen aus den vier Hybriden mit beiden Methoden in gleicher Weise nachweisbar sind.

3 Material und Methoden

3.1 ÜBERBLICK ÜBER DIE DURCHGEFÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit kamen Silagen vier verschiedener Maishybriden (*Avenir*, *CGS5104*, *Byzance* und *CGS5107*) aus dem Anbaujahr 1998 (in Weihenstephan) zum Einsatz. Die Hybriden waren aufgrund eines vorausgegangenen Screenings aus 26 Hybriden anhand der in sacco-Abbaubarkeit sowie der Rohnährstoff- und Stärkegehalte ihrer Körner (LOOSE 1999) ausgewählt worden. Dabei zeigten die Körner der Hybriden *CGS5104* und *CGS5107* besonders niedrige, *Avenir* und *Byzance* besonders hohe in sacco-Abbaubarkeiten der Trockensubstanz bzw. der Stärke. Für eine angenommene Passagerate von 8% pro Stunde betragen die effektiven Abbaubarkeiten der Stärke 58% und 60% bzw. 64% und 69%.

Zur weiteren Charakterisierung der vier Maishybriden wurden im Vorfeld frische Restpflanzen von zwei unterschiedlichen Erntezeitpunkten und frische Körner von drei Erntezeitpunkten hinsichtlich ihres in situ-Abbaus getestet. Für den anschließenden Hauptversuch wurden die vier Maishybriden bei einem angestrebten T-Gehalt von 35% und damit zu unterschiedlichen Zeitpunkten geerntet, in jeweils sechs sogenannten Big Bags (Frischgewicht je 750 kg) einsiliert und an vier fistulierte Milchkühe verfüttert. Während der Versuchsperioden wurden von jeder Maissilage Sammelproben entnommen, gefriergetrocknet, gemahlen und in einem anschließenden in sacco-Versuch die Abbaubarkeit der vier Maissilagen bestimmt. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die durchgeführten Versuche.

Tabelle 2: Übersicht der an Milchkühen durchgeführten Versuche

Versuchsansatz	Pflanzenmaterial	Versuchskühe (n)	Versuchsdauer (Tage)
1) In sacco-Abbau	Körner, frisch	3	48
	Restpflanzen, frisch	3	
2) In sacco-Abbau	Ganzpflanzensilage	3	42
3) Untersuchung an ruminal und duodenal fistulierten Milchkühen	Ganzpflanzensilage	4	90

3.2 BESCHREIBUNG DER MAISPFLANZEN

Der in den Versuchen 1, 2, und 3 eingesetzte Mais wurde auf dem Staatsgut Hirschau in Marzling/Weihenstephan im Jahr 1998 angebaut. Die Schläge von 4,6 ha je Hybride wurden mit einer Saatmenge von 2 kg/ha, d.h. 10 Körner /m² bei einer Saattiefe von 4 cm eingesät, der Reihenabstand betrug 75 cm. Der Termin der Ernte wurde vom Trockensubstanzgehalt bestimmt, der bei ca. 35% liegen sollte. Daraus resultierten vier verschiedene Erntezeitpunkte: *Avenir* (am 10.09.98 mit 36,5% T), *CGS5104* (am 30.09.98 mit 35,9% T), *Byzance* (am 28.09.98 mit 35,1% T) und *CGS5107* (am 23.09.98 mit 35,7% T).

Die mittlere Häcksellänge des Siliergutes betrug 5,5 mm. Bei der Silierung in Big Bags wurde das Pflanzenmaterial mit einem Häckselwagen in Säcke eingefüllt und manuell verdichtet. Die Säcke wurden vakuumverpackt, 3 - 4 Monate gelagert und anschließend nach Braunschweig transportiert. Die Silierung erfolgte ohne Zusatzstoffe. Zur weiteren Charakterisierung der vier Hybriden wurden zu drei Erntezeitpunkten Körner und zu zwei Erntezeitpunkten Restpflanzen getrennt geerntet und für in situ-Versuche über 5 Tage bei 40 °C getrocknet. Die Erntezeitpunkte der Maisganzpflanze, der Restpflanzen und der Körner sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Übersicht der Erntezeitpunkte von Restpflanzen (RF), Körnern (K) und Ganzpflanzen (G) 1998

Erntezeitpunkt	Avenir			CGS5104			Byzance			CGS5107		
	RF	K	G	RF	K	G	RF	K	G	RF	K	G
10.09.98	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.09.98	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-
23.09.98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
28.09.98	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
29.09.98	X	X	-	X	X	-	X	X	-	X	X	-
30.09.98	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
06.10.98	X	X	-	X	X	-	X	X	-	X	X	-

Von der Hybride *Avenir*, die zuerst geerntet wurde, standen lediglich Körner und Restpflanze zur Verfügung, die 19 Tage nach der Ganzpflanze gewonnen waren. Bei den anderen drei Hybriden betrug die Differenz der Erntedaten (Ganzpflanzen gegenüber denen der Einzelfractionen) zwischen +6 bis –1 Tage. Zudem wurden Restpflanzen und Körner unsiliert und Ganzpflanzen siliert eingesetzt. Ein direkter Vergleich war somit nicht möglich. Die in sacco-Abbaubarkeiten für die Restpflanzen und Körner dienten lediglich als zusätzliches Kriterium zur Charakterisierung der Maishybriden.

3.3 IN SACCO-ABBAUVERSUCH

3.3.1 Versuchsablauf

Im ersten Versuchsansatz (Versuch 1) wurden von den vier Maishybriden die frischen Körner von drei Erntezeitpunkten und die frischen Restpflanzen von zwei Erntezeitpunkten (Tabelle 3) in situ in jeweils sechs Wiederholungen in den Pansen von drei fistulierten Kühen inkubiert (Tabelle 4). Im Versuch 2 wurden die vier zu untersuchenden Maissilagen in jeweils sechs Parallelen in sacco an drei fistulierten Milchkühen getestet (Tabelle 5). Die Versuche wurden am Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in

3. Material und Methoden

Braunschweig durchgeführt und dauerten 48 Tage für die Körner- und Restpflanzeninkubation bzw. 42 Tage für die Ganzpflanzeninkubation.

Tabelle 4: Versuchsplan (Versuch 1) für die in sacco-Abbaubarkeitsversuche mit Restpflanzen (RF) und Körnern der vier Maishybriden (Versuchsdauer 48 Tage),

Hybriden	Erntezeitpunkt	Kuh		
		1	2	3
Körner Avenir	1, 2, 3,*	je zwei Wiederholungen	je zwei Wiederholungen	je zwei Wiederholungen
Körner CGS 5104	1, 2, 3,*			
Körner Byzance	1, 2, 3,*			
Körner CGS 5107	1, 2, 3,*			
RF Avenir	2, 3,*			
RF CGS5104	2, 3,*			
RF Byzance	2, 3,*			
RF CGS 5107	2, 3,*			

*1= 22.09.98, 2=29.09.98, 3=06.10.98

Tabelle 5: Versuchsplan (Versuch 2) für die in sacco-Abbauversuche mit vier Maissilagen (Versuchsdauer 42 Tage)

Hybriden	Erntezeitpunkt	Kuh		
		1	2	3
Maissilage Avenir	10.09.98	je zwei Wiederholungen	je zwei Wiederholungen	je zwei Wiederholungen
Maissilage CGS5104	30.09.98			
Maissilage Byzance	28.09.98			
Maissilage CGS5107	23.09.98			

3. Material und Methoden

3.3.2 Versuchstiere, Fütterung und Haltung

Für den in sacco-Abbaubarkeitsversuch mit unsilierten Restpflanzen und Maiskörnern über 48 Tage (Versuch 1), sowie für den folgenden Versuch über 42 Tage (Versuch 2) mit Maissilage (Versuch 2) standen jeweils drei Kühe der Rasse „Deutsche Holstein“ mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von 545 ± 58 kg zur Verfügung, die mit einer Fistel (i.D. 10 cm) im dorsalen Pansensack ausgestattet waren. Die Versuchstiere waren in Einzelanbindung aufgestellt und hatten eine durchschnittliche Milchleistung von 19 ± 2 kg (FCM). Die Fütterung bestand in beiden Versuchen jeweils aus 14 kg T Maissilage (35,4% T; 6,45 MJ NEL/kg T; 134 g nXP/kg T) und 2 kg Kraftfutter (24 % Sojaextraktionsschrot, 38% Gerste, 20% Weizen, 15% Hafer, 1% Sojaöl; 8,12 MJ NEL/kg T; 200 g nXP/kg T) pro Tier und Tag und erfolgte jeweils vor bzw. während der Melkzeiten (5.30 Uhr und 16 Uhr). Die Versuchstiere wurden bereits zehn Tage vor der Inkubation der ersten Proben an die Versuchsration adaptiert. Die Wasserversorgung erfolgte über Selbsttränken.

3.3.3 Probenvorbereitung

Von den angebauten Maishybriden wurden 1998 zu den drei angegebenen Terminen (Tabelle 3) Pflanzen aus dem Bestand in Weihestephan entnommen und in Kolben und Restpflanze aufgetrennt. Die Kolben wurden tiefgefroren und in diesem Zustand in Körner und Spindel getrennt. Nach dem Auftauen wurden die Körner und die ebenfalls zur Aufbewahrung tiefgefrorenen Restpflanzen gefriergetrocknet. So aufbereitet kamen die Proben an die FAL nach Braunschweig für die in sacco-Abbaumessungen (Versuch 1). In einer RETSCH Analysenmühle wurden sie dann über ein 3 mm Sieb vermahlen.

Während des Versuches an ruminal- und duodenal-gefistelten Milchkühen (s. 3.4.) wurden von den eingesetzten Maissilagen Aliquote entnommen und zu einer Mischprobe je Maissilage gepoolt. Für die anschließende Untersuchung der in sacco-Abbaubarkeit (Versuch 2) wurden sie gefriergetrocknet und ebenfalls über ein 3mm Sieb mit einer Analysenmühle nach RETSCH vermahlen, sowie die Trockensubstanz bestimmt. Gleichzeitig erfolgte eine Rückstellung für die Roh Nährstoffbestimmung (WEENDER-Analyse).

3.3.4 Methodik der in sacco-Abbaubarkeitsmessungen

Die in sacco-Abbaubarkeitsmessungen erfolgten in Anlehnung an FLACHOWSKY et al. (1988) sowie MADSEN und HVELPLUND (1994). Die dazu verwendeten Nylonbeutel (Bar Diamond, Inc., Idaho) mit einer Abmessung von 10,5 cm x 24 cm und einer Porengröße von 50 µm wurden vor der Einwaage der zu untersuchenden Futtermittelprobe im Trockenschrank bei 60° C über 4 Stunden vorgetrocknet und im Exsikkator abgekühlt. In jeden Beutel wurden 4,0 g ± 0,1 g Probenmaterial eingewogen, dies entspricht 10 mg – 15 mg Probensubstanz pro cm² freier Beuteloberfläche. Gleichzeitig wurde bei der Einwaage von jeder Maissilage-, Körner- oder Restpflanzenprobe die Trockensubstanz bestimmt. Die Nylonbeutel wurden mit Kunststoffkabelbindern verschlossen und je 16 Stück (jeweils zwei an insgesamt acht Positionen) an ca. 30 cm langen elastischen Plastikstäben befestigt, die an der Innenseite des Pansenfistelverschlusses fixiert in den Pansen der drei Versuchskühe eingebracht wurden. Um einen Einfluss der unterschiedlichen Fermentationsintensität an verschiedenen Stellen im Pansen auf das Ergebnis weitgehend auszuschließen, wurden zwei Proben der gleichen Hybride und vom gleichen Erntezeitpunkt zeitgleich in den drei Versuchskühen an jeweils unterschiedlichen Positionen angebracht. Somit befanden sich in jedem der drei Pansen für jeden Durchgang, der einer Inkubationszeit entsprach, 2 Proben des gleichen Materials, so dass daraus 6 Parallelen jeder Probe zu der gleichen Inkubationszeit resultierten (2 pro Versuchstier, Gesamtzahl 6 pro Körner-, Maissilage- und Restpflanzenprobe für jede Inkubationszeit). Um das Pansenmilieu der Versuchstiere zu erfassen, wurden einen Tag vor der ersten Inkubation jeder Versuchsperiode drei Stunden nach Beginn der Morgenfütterung Pansensaft entnommen und der pH-Wert, die NH₃-N-Konzentration und die flüchtigen Fettsäuren bestimmt. Die Inkubation begann jeweils direkt vor der Morgenfütterung (5.30 Uhr) und betrug für jede der zu testenden Proben (Maissilage, Körner, Restpflanze) 2, 4, 8, 12, 24, 48, 72 Stunden, zusätzlich wurden die Maissilagen noch 96 und 120 Stunden und die Körner 16 Stunden im Pansen inkubiert. Nach dem Inkubationsende wurden die entnommenen Beutel kurz unter kaltem fließendem Wasser abgespült, um anhaftenden Panseninhalt zu entfernen. Anschließend wurden die Beutel in einer Waschmaschine (Foron VA 861 electronic) in zwei Waschdurchgängen je 7 min im Spülprogramm kalt gewaschen. Die so behandelten Beutel wurden bei 60° C im Trockenschrank 48 h bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und nach Abkühlung im Exsikkator auf Raumtemperatur

3. Material und Methoden

zurückgewogen. Anschließend wurden die sechs „Parallelen“ einer Probe zu einer Mischprobe vereinigt, da die Einzelproben zu wenig Material für die anschließende Bestimmung der NDF aufwiesen.

Der Trockensubstanzverlust bzw. der NDF-Verlust (in %) nach der jeweiligen Inkubationszeit errechnete sich nach folgender Gleichung:

$$\text{Verlust (\%)} = \frac{\text{Einwaage (g)} - \text{Rückwaage (g)}}{\text{Einwaage (g)}} * 100$$

Zur Ermittlung der Parameter a, b, und c, die die potentielle Abbaubarkeit beschreiben, wurde nach folgender Gleichung von ØRSKOV und MCDONALD (1979) vorgegangen:

$$p = a + b(1 - e^{-ct}), \quad \text{wobei}$$

p = gemessener Abbau („Verlust“) [%]
a = lösliche Fraktion [%]
b = nicht lösliche, aber abbaubare Fraktion [%]
c = Abbaurate von b
t = Inkubationszeit [h]
(a+b= potentielle Abbau [%])

Die **effektive Abbaubarkeit P (%)** für die einzelnen Durchflussraten errechnet sich nach folgender Formel:

$$P = a + (b * c)/(c + k), \quad \text{wobei} \quad k = \text{Passagerate (\%/h)}.$$

Die a-, b- und c-Werte wurden nach der beschriebenen Gleichung mit der SAS-Prozedur (SAS Institute Inc., 1988) ermittelt.

3.4 UNTERSUCHUNGEN AN RUMINAL UND DUODENAL FISTULIERTEN MILCHKÜHEN

3.4.1 Versuchsaufbau

Um die Einflüsse der vier verschiedenen Maissilagen auf den Pansenstoffwechsel zu messen, wurde am Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig ein Versuch (Versuch 3) an vier mit Pansen- und Duodenalkanülen ausgestatteten Milchkühen in Form eines unvollständigen 4 x 4 Lateinischen Quadrates durchgeführt.

In insgesamt vier Versuchsperioden erhielt jede Kuh einmal jede der vier Maissilagen (Tabelle 6). Jede Periode umfasste drei Wochen, in denen sich an eine 14tägige Futteradaptation eine 5tägige Duodenalchymussammelperiode anschloss, in der alle zwei Stunden Stichproben aus dem Duodenum entnommen und zu Tagesproben zusammengefasst wurden. Insgesamt ergaben sich so von jeder Kuh fünf Tagessammelproben je Periode. In jeder der vier Perioden wurden an drei aufeinanderfolgenden Tagen in der Woche vor der 5tägigen Chymussammelperiode bei allen Versuchstieren Pansensaftproben zur Charakterisierung des Pansenmilieus entnommen. Die Versuchstiere wurden zu Beginn und nach Beendigung jeder Versuchsperiode gewogen.

Tabelle 6: Versuchsschema (Versuch 3) für die Untersuchungen an fistulierten Milchkühen (n=4)

Periode	Zeitraum	Maissilagenhybride			
		Avenir	CGS5104	Byzance	CGS5107
1	03.01. - 23.01.00	Eureka, Evelyn	Salta, Funke*		
2	24.01. - 13.02.00	Salta, Funke	Eureka, Evelyn		
3	14.02. - 05.03.00			Salta, Funke	Evelyn, Eureka
4	06.03. - 26.03.00			Evelyn, Eureka	Salta, Funke

*Evelyn, Eureka, Salta, Funke: Namen der eingesetzten Versuchskühe

3.4.2 Versuchstiere, Haltung und Fütterung

Die im Versuch 3 eingesetzten vier Milchkühe der Rasse „Deutsche Holstein“ waren mit einer T-Kanüle (i.D. 2 cm) im proximalen Duodenum ca. 30 cm hinter dem Labmagenausgang und einer Kanüle im dorsalen Pansensack (i.D. 10 cm) ausgestattet. Die im Versuch eingesetzten Tiere befanden sich zwischen der zweiten und siebten Laktationsperiode und besaßen ein mittleres Körpergewicht von 575 ± 25 kg. Zu Versuchsbeginn lag die mittlere Milchleistung der eingesetzten Tiere mit $28,0 \text{ kg} \pm 6,6 \text{ kg FCM/Tier und Tag}$ relativ hoch und ist i.w. den Tieren Salta und Evelyn zuzuschreiben, deren Milch einen sehr hohen Fettanteil beinhaltete (Tabelle 7).

Tabelle 7: Tägliche Milchleistung und Milchinhaltsstoffe der fistulierten Milchkühe zum Versuchsbeginn (Versuch 3)

Kuh	Milch (kg)	Fett (%)	Protein (%)	Laktose (%)	FCM (kg)*
Salta	26,7	4,77	3,34	5,12	29,8
Funke	27,8	2,93	3,28	4,95	23,4
Evelyn	34,1	4,47	2,73	5,18	36,5
Eureka	26,5	2,96	2,97	4,84	22,3
$\bar{x} \pm S$	$28,8 \pm 3,6$	$3,78 \pm 0,97$	$3,08 \pm 0,28$	$5,02 \pm 0,16$	$28,0 \pm 6,55$

*FCM: fat corrected milk: (Fett % * 0,15+0,4) * Milchmenge (kg)

Während des gesamten Versuchs wurden wöchentlich Milchproben auf Fett, Eiweiß und Laktose untersucht, sowie die tägliche Milchmenge aus dem Morgen- und Abendmelk (5.30 Uhr und 16.00 Uhr) erfasst. Bis zum Versuchsende reduzierte sich die mittlere Milchleistung auf etwa 24 kg (FCM) pro Tier und Tag.

Die vier Versuchskühe waren in strohloser Anbindehaltung aufgestellt und hatten freien Zugang zur Tränke. Als Grundfutter diente jeweils eine der im Versuch eingesetzten Maissilagen (*Avenir*, *CGS5104*, *Byzance*, *CGS5107*), die den Kühen in zwei täglichen Portionen um 5.30 Uhr und um 16.00 Uhr vorgelegt wurde. Zusätzlich erhielten die Tiere zum Energieausgleich Kraftfutter in zwei Einzelgaben mit 200 g einer Mineral- und Spurenelementmischung (CIMBRIA 1101, Anhang 1). Die täglich vorgelegte Ration setzte

3. Material und Methoden

sich aus 6,3 kg T Maissilage und 7,9 kg T Kraftfutter zusammen. Das Grundfutter- : Kraftfutterverhältnis lag somit bei 44 : 56 (auf T-Basis). Das Ziel bestand darin, allen Versuchstieren die gleiche Futtermenge vorzulegen, deshalb konnte die T-Aufnahme nur nach dem „aufnahmeschwächsten“ Tier ausgerichtet werden. Um bei dieser geringen Futteraufnahme dennoch den Bedarf der vier Versuchstiere möglichst weitgehend zu decken und die Unterversorgung der leistungsstärkeren Tiere so gering wie möglich zu halten, war der hohe Kraftfutteranteil erforderlich. Dabei wurde von der Annahme ausgegangen, dass eine Unter- bzw. Überversorgung keinen nennenswerten Einfluß auf die Umsetzungen im Verdauungstrakt besitzt.

Die Einwaage der Maissilagefrischmasse erfolgte nach dem gleitenden Mittel aus den jeweils letzten drei der wöchentlich dreimal bestimmten Trockensubstanzgehalte.

In Tabelle 8 ist die Zusammensetzung des in Versuch 3 eingesetzten Kraftfutters aufgeführt. Die Roh Nährstoffgehalte der vier Maissilagen bzw. des verwendeten Kraftfutters sind Tabelle 9 bzw. 11 (s. 4.2.) zu entnehmen.

Tabelle 8: Zusammensetzung des eingesetzten Kraftfutters

Futtermittel	Anteile (in %)	je kg Kraftfutter
Maisschrot	24	-
Weizenschrot	25	-
Sojaextraktionsschrot	40	-
Trockenschnitzel	9	-
Sojaöl	2	-
MJ NEL	-	8,58
g nXP	-	205,4

Aus den Big Bags der jeweiligen Maissilagen wurden während der 5tägigen Chymussammlung täglich ca. 300 g entnommen und über die fünf Tage gepoolt. Die Sammelproben wurden am Ende der jeweiligen Chymussammelwoche gefriergetrocknet und nach Bestimmung des T-Gehaltes für die weitere Analytik aufgearbeitet. Gleichzeitig wurde

3. Material und Methoden

ein Teil für den anschließenden in sacco-Versuch tiefgefroren. Die T-Gehalte in den Silagen entsprachen mit Werten zwischen 34,8% und 36,2% weitgehend dem für den Erntezeitpunkt angestrebten Bereich von 35% (s.3.2.).

3.4.3 Beschreibung der Methoden

3.4.3.1 Pansenphysiologische Parameter

Während der letzten Tage jeder zweiwöchigen Adaptationsperiode, an die sich dann die Chymussammelwoche anschloss, wurden von den Versuchskühen zur Charakterisierung des Pansensaftmilieus an drei aufeinanderfolgenden Tagen per fistulam Pansensaftproben von ca. 50 - 100 ml gewonnen. An dem jeweils ersten Entnahmetag wurde der Pansensaft um 5.30, 6.00, 6.30, 7.00, 7.30, 8.30 und 10.30 Uhr entnommen, an den beiden darauffolgenden Tagen lediglich drei Stunden nach Beginn der Morgenfütterung.

Die Probengewinnung erfolgte mit einer Metallsonde aus dem ventralen Pansensack. Anschließend wurde mittels Glaselektrode der pH-Wert und im Überstand des abzentrifugierten Pansensafts der Ammoniak-N-Gehalt ($\text{NH}_3\text{-N}$) analysiert. Flüchtige Fettsäuren wurden nur in den Proben bestimmt, die drei Stunden nach Beginn der Morgenfütterung entnommen waren. Dazu wurde der Pansensaft 5 Minuten bei 6480 g zentrifugiert, ein Aliquot von 10 ml entnommen, mit 1,5 ml 25%iger Meta-Phosphorsäure und 0,5 ml Ameisensäure versetzt und anschließend erneut für 20 Minuten bei 6480 g zentrifugiert. Die Pansensaftprobe wurde dann nach dem Zusatz eines Tropfens gesättigten Quecksilberchlorids (HgCl_2) bis zur weiteren gaschromatographischen Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren tiefgefroren gelagert.

3.4.3.2 Untersuchungen zum Nährstofffluss am Duodenum

3.4.3.2.1 Herstellung und Verabreichung des Chrommarkers

Die das Duodenum erreichenden Nährstoffmengen wurden anhand eines den Versuchstieren ruminal applizierten Cr_2O_3 -Markers erfasst. Dessen Herstellung erfolgte aus 30 kg

3. Material und Methoden

Weizenmehl (Typ 550/68), 7,5 kg Chrom(III)oxid (Cr_2O_3) und 375 g Aluminiumsulfat-Hydrat ($\text{Al}_2[\text{SO}_4]_3 \times \text{H}_2\text{O}$). Die Zutaten wurden in einem Mischer intensiv vermischt und unter Wasserzusatz zu einem zähen Brei (Hefeteigkonsistenz) verarbeitet. Nach der Trocknung bei 60°C wurde die Markermasse auf 3 mm vermahlen. Die für den Versuch benötigten Applikationsmengen an Chrommarker wurden in Rundfilter eingewogen und mit Tesafilmstreifen verschlossen.

Zehn Tage vor Beginn der eigentlichen Sammelperiode wurde den vier Versuchstieren zweimal am Tag (5.45 und 17.45 Uhr) je 50 g Markermasse direkt in den Pansen durch die Pansenfistel verabreicht und mit Hilfe eines Stabes gut eingemischt. Einen Tag vor Beginn der Sammelperiode wurden je 25 g Marker viermal pro Tag (5.45, 11.45, 17.45 und 23.45 Uhr) appliziert.

Herstellung, Verabreichung und Bestimmung des Chrommarkers erfolgten in Anlehnung an ROHR et al. (1979).

3.4.3.2.2 Gewinnung und Aufbereitung der Chymusproben

Während der Darmsaftsammelperiode wurden von jedem Versuchstier alle zwei Stunden (12 x täglich über fünf Tage) 4 x 100 ml Chymus über die Duodenalfistel entnommen. Der pH-Wert wurde in den vier Proben erfasst (Glaselektrode), die Probe (100 ml) mit dem geringsten pH-Wert (möglichst wenig Pankreas- und Gallesekrete beinhaltend) in den Tagessammelbehälter überführt und bei -20°C eingefroren. Die restlichen 300 ml Pansensaft wurden verworfen. Somit konnten je Periode und Versuchstier fünf Tagessammelproben (ca. 1200 ml) gewonnen werden.

Nach dem Auftauen zur weiteren Untersuchung der Tagessammelproben wurden diese gut gemischt, gefriergetrocknet (CHRIST-Gefriertrockner) und anschließend für die Analysen des Chrom-, Rohfaser-, NDF- und ADF-Gehaltes auf 1 mm, für die Stärkeanalyse auf 0,5 mm vermahlen. Zuvor wurde von jeder Tagessammelprobe nach dem Auftauen ein Teil des frischen Chymus zur Stickstoffbestimmung nach KJELDAHL entnommen.

Der Trockensubstanzfluss am Duodenum ließ sich nach folgender Formel berechnen:

3. Material und Methoden

$$T \text{ am Duodenum (kg/d)} = \frac{(\text{mg Chrom/Kuh/d}) : (\text{mg Chrom/g Darmsafttrockensubstanz})}{1000}$$

Die Ermittlung der Nährstoffflüsse am Duodenum erfolgte aus dem Fluss an Darmsafttrockenmasse und dem entsprechenden Nährstoffgehalt in der Chymus-T (ROHR et al. 1979).

3.5 CHEMISCHE ANALYSENMETHODEN

3.5.1 WEENDER Rohnnährstoffanalytik sowie Bestimmung von NDF, ADF, Lignin und Stärke

Die Analyse der Rohnnährstoffe in den Maissilagen und dem Kraftfutter wurde nach dem WEENDER-Verfahren (METHODENBUCH III DER LUFÄ, VORSCHRIFTEN 4.1.1., 5.1.2., 6.1.4., 8.1., 1976) durchgeführt. Die Analyse der NDF- und ADF-Gehalte in den eingesetzten Futtermitteln und in den Darmsäften bzw. in den in sacco-Rückständen der inkubierten Maissilagen erfolgte nach der von GOERING und VAN SOEST (1970) beschriebenen Detergentienmethode mit einem Fibertec-Gerät (Firma TECATOR). Die von dem VDLUFA (1976) vorgegebene Analysenpräzision für die WEENDER Analyse wurde in jedem Fall eingehalten. Für NDF, ADF und Lignin sind von der VDLUFA bisher keine Vorgaben gemacht. Die Abweichungen beliefen sich für NDF auf 0,8%-Punkte, für ADF auf 0,6%-Punkte und für Lignin auf 0,1%-Punkte.

Der Stärkegehalt in den eingesetzten Futter- und Chymusproben wurde in Anlehnung an SALOMONSSONS et al. (1984) bestimmt. Da diese Methode institutsintern verändert wurde, wird sie an dieser Stelle weiter ausgeführt: Es wurden 125 mg der auf 0,5 mm gemahlene Proben in Zentrifugengläser eingewogen, mit 9,8 ml 0,1 molarem Acetatpuffer und mit 100 µl Termanyl (thermostabile α -Amylase, NOVO NORDISK) versetzt und unter regelmäßigem Rühren mit einem Magnetrührer für eine Stunde in einem Wasserbad gekocht. Anschließend wurden die Probenansätze auf 40° C abgekühlt. Es folgte eine Zugabe von 100 µl Amyloglucosidase (E.C.3.2.1.4., cat. No 124001, Boehringer Mannheim GmbH, Mannheim) zu jeder Probe und eine 16 stündige Inkubation in einem Wasserbad bei 60° C unter ständigem Rühren. Nach der Inkubation wurden den Proben jeweils 50 ml Acetatpuffer hinzugefügt, um sie dann bei 3240 g für 10 Minuten zu zentrifugieren. Von dem Überstand

3. Material und Methoden

wurden 20 µl in Plastikküvetten überführt und mit 2 ml Reaktionslösung (Testkit Glukose GOD-PAP-Methode, Merkotest 1.14650001) versetzt. Nach 40 Minuten erfolgte die photometrische Messung der Extinktion des Küvetteninhaltes bei einer Wellenlänge von 546 nm und die Berechnung der in der Probe enthaltenen Stärke.

3.5.2 Bestimmung des pH-Wertes im Pansensaft

Der pH-Wert im Pansensaft wurde mit einem pH-Meter (Digital-pH-Meter, pH525, WTE) nach vorheriger Eichung des Gerätes bestimmt.

3.5.3 Bestimmung von Ammoniak-Stickstoff im Pansensaft

Die Bestimmung des Ammoniak-Stickstoffgehalts im Pansensaft der Versuchstiere erfolgte mit Hilfe eines Mikrodiffusionsgefäßes nach einer modifizierten Methode nach Conway (VOIGT und STEGER 1967). Zur Aufbereitung der Proben wurden diese bei 3240 g für 5 Minuten zentrifugiert, 1 ml des Überstands wurde in das Mikrodiffusionsgefäß überführt und anschließend vorsichtig mit 1 ml K₂CO₃ unterschichtet und mit 4 ml Borsäure versetzt. Das in den Probenansätzen enthaltene NH₃-N wird bei dieser Methode durch die Kaliumkarbonatlösung ausgetrieben, in der zugefügten Borsäure (Anhang 2) aufgefangen und anschließend mit 0,01 normaler HCl titriert (Bestimmung des HCl-Chemikalienblindwerts erfolgte ohne Probenzugabe).

Die Ammoniak-Stickstoffmenge errechnet sich nach folgender Formel:

$$mg \text{ NH}_3\text{-N}/100ml = (ml \text{ 0,01n HCl [titriert]} - \text{Blindwert}) \times 14$$

3.5.4 Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren im Pansensaft

Die flüchtigen Fettsäuren im Pansensaft wurden gaschromatographisch (Hewlett Packard, 5880 A mit FID über eine Säule mit 15% Dioctylsebacinat und Sebacinsäure auf 60 - 100 mesh Kieselgur als stationäre Phase) erfasst. Diese Methode ist bei GEISSLER et al. (1976) beschrieben.

3.5.5 Bestimmung der Chromkonzentration im Duodenalchymus

Für die Bestimmung der Chromkonzentration wurde der gefriergetrocknete Duodenalchymus in Porzellantiegel eingewogen (1 g) und bei 105°C im Trockenschrank über Nacht getrocknet. Die Proben wurden nach der Bestimmung des Trockensubstanzgehalts bei 550° C im Muffelofen verascht. Die Asche wurde mit 4 ml 4,5% Kaliumbromatlösung und 3 ml Phosphorsäuremangansulfatlösung versetzt, bis zum Erreichen einer blauviolettten Farbtönung aufgeköcht und nach Abkühlung im Eiswasserbad mit dest. Wasser in einen 250 ml- Kolben überführt, in dem sich schon 25 ml verdünnte Kaliumbromatlösung befand. Dieser Probenansatz wurde anschließend erneut für 5 Minuten aufgeköcht. Der Braunstein in den Proben wurde nach Abkühlung und erneuter Erhitzung mit konzentrierter Natronlauge ausgefällt. Die Probenansätze wurden auf eine Temperatur von ca. 20° C abgekühlt, über Nacht stehen gelassen und am nächsten Tag über Rundfilter in bereitstehende Analysengefäße filtriert. Die Messung des Chromgehalts in den Chymusproben erfolgte mittels Atomabsorptionsspektrometrie (GBC 908AA) mit Hilfe einer vorher erstellten Standardkurve. Von jeder Versuchskuh wurde vor der ersten Markereingabe eine Blindprobe (Darmsaft ohne Chrom) gewonnen, um den Reagenzienblindwert auf beschriebene Weise zu ermitteln. Der Chromgehalt in dem eingesetzten Chrommarker wurde nach identischer Aufbereitung des eingesetzten Chromkuchens bestimmt.

3.5.6 Bestimmung des mikrobiellen Rohproteinanteils im Duodenalchymus

Der mikrobielle Anteil des Rohproteins in den gefriergetrockneten Darmsaftproben (Abschnitt 4.4.5.) wurde mittels NIRS nach der von LEBZIEN und PAUL (1997) beschriebenen Methode bestimmt. Die Berechnung der fermentierbaren organischen Substanz ($FOS = OS\text{-Aufnahme} - (OS\text{ am Dünndarm} - \text{Mikroben-OS})$); wobei $\text{Mikroben-OS} = 11,8 * \text{Mikroben-N}$) und der Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese ($\text{g Mikrobenprotein/kg FOS}$) wurde in Anlehnung an SCHAFFT (1983) vollzogen.

3. Material und Methoden

3.5.7 Bestimmung der Milchinhaltstoffe

Die Milchproben, die bei dem in vivo-Versuch wöchentlich von den vier Versuchskühen gewonnen wurden, wurden mittels eines MILOSCAN-Gerätes (Foss Electric) mit Infrarotlicht der Wellenlänge $\lambda = 573 \mu\text{m}$ im Milchlabor des Instituts für Tierernährung auf Milchlaktose, Milcheiweiß, Milchzucker und auf die somatische Zellzahl untersucht. Dabei wurde die Lichtschwächung, die durch die Absorption der Fett-, Eiweiß- oder Zuckermoleküle entstand, mit einem Referenzstrahl der gleichen Wellenlänge mittels einer Photozelle gemessen und vergleichend ausgewertet (KOTTERER und MÜNCH 1985). Die somatische Zellzahl konnte nach Anfärbung der Milch und anschließender rechnergestützter Zählung aller leblosen Zellen erfasst werden.

3.6 MATHEMATISCHE AUSWERTUNG

3.6.1 Angewandte Formeln

Das nutzbare Rohprotein (nXP) am Duodenum berechnet sich aus der Differenz des Nicht-Ammoniak-Stickstoffs (NAN) und des endogenen Stickstoffs am Duodenum. Wobei der Ammoniakstickstoff im Darmchymus nach SCHAFFT (1983), ENGLING (1988), KRASTANOVA (1993) und LOOSE (1999) $5,2\% \pm 1,8$ des Gesamtstickstoffs beträgt:

$$g \text{ nXP} = (g \text{ NAN} - g \text{ end. N}) * 6,25$$

Berechnung des endogenen Stickstoffs (BRANDT et al. 1981):

$$\text{Endogener N (g)} = 3,6 * \text{kg T am Duodenum}$$

Berechnung des unabgebauten Stickstoffs (UDN):

$$\text{UDN} = g \text{ NAN am Duodenum} - (g \text{ MN} + g \text{ N endogen})$$

3.6.2 Statistische Auswertung

Der Mittelwertvergleich wurde mit Hilfe des Statistikprogrammpakets SAS 6.12., PROC GLM unter Anwendung des t-Tests (LSD) durchgeführt. Die Korrektur der Werte um tierindividuelle Effekte erfolgte mit Hilfe der im SAS-Programm enthaltenen PROC MIXED. Als Signifikanzniveau wurde in den Berechnungen eine Irrtumswahrscheinlichkeit von maximal 5% ($p < 0,05$) zugrundegelegt.

Die Auswertung der in sacco-Daten (effektive Abbaubarkeit) erfolgte mit Hilfe des DUNCAN-Tests, die dazu benötigten a-, b- und c-Werte wurden nach der von ØRSKOV und McDONALD (1979) beschriebenen Gleichung (Abschnitt 3.3.4.) mit der PROC SAS ermittelt.

Die Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen einzelner Parameter der in sacco-Messungen mit in vivo-Daten wurden mittels Korrelationskoeffizient mit Hilfe der Funktion im Programm MICROSOFT EXCEL errechnet.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 VERSUCHSVERLAUF

Um die Einflüsse des Reifestadiums auf die relativen Anteile der einzelnen Pflanzenfraktionen, Pflanzeninhaltsstoffe und ruminalen Abbaubarkeiten der vier Maissilagen auszuschalten, wurden Ernte und Silierung bei einem einheitlichen T-Gehalt von 35% und somit zu verschiedenen Zeitpunkten vorgenommen. Die früher reifende Hybride *Avenir* wurde bereits am 10.09.98 siliert, die Hybride *CGS5107* am 23.09.98, *Byzance* am 28.09.98 und die Hybride *CGS 5104* am 30.09.98. Da Körner nur von den Erntezeitpunkten 22.09.98, 29.09.98 und 06.10.98 und Restpflanzen von den Erntezeitpunkten 29.09.98 und 06.10.98 zur Verfügung standen, konnten die in sacco-Ergebnisse für diese beiden Fraktionen, insbesondere bei der frühreifen Hybride *Avenir*, nicht mit den Werten für die Ganzpflanzen verglichen werden. Restpflanzen standen nur vom 29.09.98 und 06.10.98 zur Verfügung, da das Material aus der Ernte vom 22.09.98 für die Beantwortung anderer Fragestellungen aufgebraucht worden war. Ein direkter Vergleich der Ganzpflanzen mit den Einzelfraktionen Restpflanzen und Körnern ist auch deshalb nicht möglich, weil die Ganzpflanze im silierten und die Einzelfraktionen (Restpflanze, Körner) im frischen Zustand vorlagen. Die in situ-Abbaubarkeit der Trockensubstanz von Körnern und Restpflanzen der vier Maishybriden wurden somit nur zur Charakterisierung der Hybriden herangezogen.

Im Versuch zum Nährstofffluss am Dünndarm (Versuch 3) gab es in drei Perioden aufgrund von Brunst bzw. einer Mastitiserkrankung Futterrückwaagen bei einem der Versuchstiere. Die Ergebnisse dieser Periode wurden in die Auswertung mit einbezogen. Sie führten zu höheren Standardabweichungen. Auch waren starke tierindividuelle Einflüsse zu verzeichnen, die eigentlich eine höhere Anzahl an Versuchstieren erforderlich gemacht hätten. Eine höhere Zahl an fistulierten Kühen mit etwa gleicher Milchleistung und somit T-Aufnahme stand jedoch nicht zur Verfügung.

Die Versuche 1 und 2 (in sacco-Versuche) konnten ohne nennenswerte Störungen durchgeführt werden.

4.2 ZUSAMMENSETZUNG DER EINGESETZTEN FUTTERMITTEL

4.2.1 Zusammensetzung der Maispflanzen

Die Trockensubstanzgehalte der Ganzpflanzen lagen zum Erntezeitpunkt bei allen vier Maishybriden bei 35% - 36% (Abbildung 1) und entsprachen damit dem T-Gehalt von 35%, der als Kriterium für den Erntezeitpunkt diente.

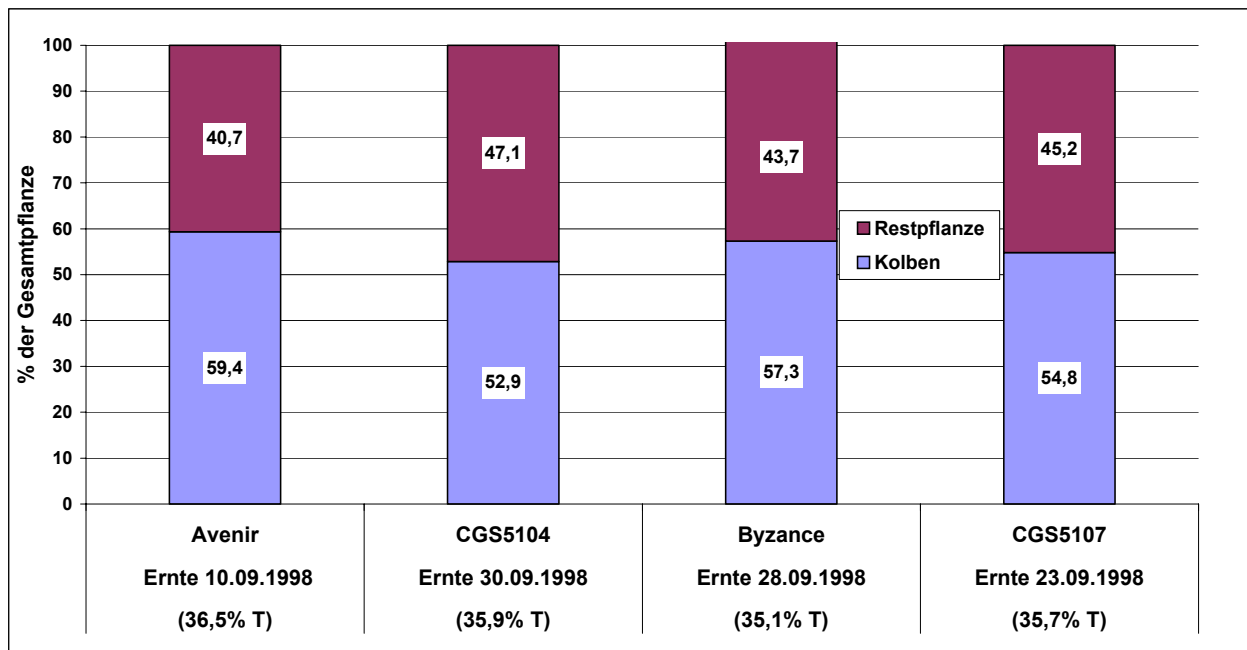


Abbildung 1: Verhältnis Kolben zur Restpflanze in % der Gesamtpflanze (auf Frischmassebasis) und T-Gehalt der Ganzpflanze

Der Kolbenanteil der Hybride *Avenir* lag mit 59,4% trotz des frühen Erntetermins zwei Prozentpunkte über dem der Hybride *Byzance* und etwa 5 Prozentpunkte über denjenigen der Hybriden *CGS5107* und *CGS5104* (Abbildung 1). *Avenir* wies mit 36,5% den höchsten T-Gehalt der Ganzpflanze beim Erntetermin auf. GROSS (1979) bzw. GROSS und PESCHKE (1980b) beschrieben, dass mit zunehmendem Anteil des Kolbens ein höherer T-Gehalt der Gesamtpflanze zu erwarten ist. Demgegenüber war jedoch bei den drei übrigen Hybriden keine Beziehung zwischen Kolbenanteil und Trockensubstanzgehalt zu erkennen. Bei ihnen waren allerdings auch nur geringe Differenzen zwischen den T-Gehalten zu verzeichnen (Abbildung 1). Die Hybride *Byzance* besaß zum Erntezeitpunkt mit 57,3% den zweithöchsten

4. Ergebnisse und Diskussion

Kolbenanteil, hatte jedoch den niedrigsten T-Gehalt (35,1%) von allen Hybriden, *CGS5104* wies mit 52,9% den geringsten Kolbenanteil aber den zweithöchsten T-Gehalt auf (Abbildung 1).

4.2.2 Rohnährstoff-, NDF-, ADF-, Lignin- und Stärkegehalte in den Maissilagen

Die Gehalte an T, Rohnährstoffen, Zellwandbestandteilen und Stärke der an die fistulierten Kühe verfütterten Maissilagen sind in Tabelle 9 zusammengestellt. Sie konnten im T-Gehalt keine nennenswerten Unterschiede zeigen, da der Mais der verschiedenen Hybriden bei einem T-Gehalt von etwa 35% geerntet worden war. Während der Ernte des Siliergutes waren zusätzlich Kolben- und Restpflanzenproben von allen vier Hybriden für eine Analyse der Rohnährstoffe, Zellwandbestandteile und Stärke gewonnen worden. Die hierbei ermittelten Ergebnisse sind zum Vergleich mit in Tabelle 9 aufgenommen worden. Die Trockensubstanzgehalte der in Weihenstephan analysierten Restpflanzen beliefen sich auf 22% bis 25% und die der Kolben auf Werte zwischen 58% und fast 60%. Die Reihung der T-Gehalte in den Kolben war identisch mit der der Maissilagen. Demnach kann vom T-Gehalt in den Kolben auf den T-Gehalt in der Ganzpflanze geschlossen werden. In diesem Fall ließ sich folgende Beziehung zwischen dem T-Gehalt der Silagen und dem der Kolben errechnen:

$$T\text{-Gehalt in der Silage (\%)} = 0,73 * T\text{-Gehalt in den Kolben (\%)} - 7,5 \quad (r = 0,98).$$

Der T-Gehalt in der Restpflanze war bei der Hybride *Byzance* am geringsten, was nach GROSS und PESCHKE (1980b) auf eine geringe Ausreifung schließen lässt.

SCHWARZ und ETTLE (2000) berichteten, dass mit zunehmender Stärkeeinlagerung in den Kolben bei gleichzeitiger Zunahme des Kolbenanteils auch der Stärkegehalt in der Gesamtpflanze zunimmt. Abweichend hiervon zeigt Tabelle 9 jedoch, dass die Hybriden mit hohem Kolbenanteil nicht zwangsläufig auch den höchsten Stärkegehalt in der Silage oder im Kolben aufwiesen.

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 9: Gehalte an Rohnährstoffen, Zellwandbestandteilen und Stärke der verfütterten Maissilagen (n=4, Erntejahr 1998). Werte von Kolben und Restpflanze durch pers. Mitteilung (SCHWARZ und ETTLE 2001).

Maissilagen	OS	XP	XL	XF	XX	XS	NDF	ADF	Lignin
T (%)									
Avenir 34,8 ±0,1	96,0 ±0,1	7,7 ±0,1	1,9 ±0,2	20,9 ±0,1	65,5 ±0,2	37,5 ±0,2	41,6 ±2,3	23,7 ±2,8	2,11 ±0,32
CGS5104 35,5 ±1,0	96,1 ±0,1	7,9 ±0,4	2,2 ±0,8	22,4 ±0,4	63,6 ±0,9	35,8 ±1,2	41,1 ±0,8	21,9 ±0,3	1,99 ±0,05
Byzance 36,1 ±1,0	96,4 ±0,3	7,6 ±0,4	2,4 ±0,2	20,7 ±0,6	65,6 ±1,4	36,5 ±0,8	40,4 ±0,7	22,2 ±0,6	1,98 ±0,17
CGS5107 36,2 ±1,7	96,4 ±0,2	8,2 ±0,1	1,6 ±0,2	22,0 ±2,8	64,7 ±2,8	38,7 ±0,5	36,7 ±0,9	19,5 ±0,2	1,80 ±0,14
Kolben*									
Avenir 57,8	98,5	8,3	4,4	6,6	79,2	60,5	22,3	8,7	0,9
CGS5104 59,0	98,5	9,2	4,6	7,1	77,6	62,3	31,6	9,3	1,3
Byzance 59,4	98,5	9,3	4,8	7,2	77,2	60,8	24,5	8,3	0,7
CGS5107 59,8	98,5	9,6	4,4	7,6	76,9	56,9	26,7	9,2	1,2
Restpflanze*									
Avenir 23,8	93,1	6,3	0,8	35,2	50,8	n.b.	69,4	39,1	5,2
CGS5104 25,0	94,3	6,0	0,9	35,4	52,0	n.b.	66,8	38,5	5,3
Byzance 22,7	94,5	6,2	0,9	34,1	53,3	n.b.	67,2	39,1	5,7
CGS5107 24,0	93,7	6,9	0,8	35,3	50,7	n.b.	67,9	38,7	5,1

*Zum gleichen Zeitpunkt wie die Maissilagen geerntet, keine Streuungen vom Autor übermittelt

4. Ergebnisse und Diskussion

So hatte *Avenir* (Abbildung 1) zwar den höchsten Kolbenanteil an der Gesamtpflanze, aber weder im Kolben noch in der Maissilage den höchsten Stärkegehalt, während *CGS5107* mit 54,8% (Abbildung 1) nach *CGS5104* (52,9%) den zweitniedrigsten Kolbenanteil, aber mit 38,7% den höchsten Stärkegehalt in der Maissilage hatte (Tabelle. 9). ETTLE (2001) analysierte in den von der gleichen Ernte im Fahrsilo einsilierten Maissilagen (Anhang 3) Stärkegehalte, die z.T. deutlich von den eigenen Werten in Tabelle 9 abwichen. So beinhaltete die Hybride *CGS5107* z.B. in der vorliegenden Arbeit mit 38,7% den höchsten und bei ETTLE (2001) mit 28,9% zusammen mit der Hybride *Byzance* (28,6%) den geringsten Stärkegehalt der vier Hybriden auf (Anhang 3). Da *Byzance* jedoch den zweithöchsten Kolbenanteil (Abbildung 1) aufwies, erscheint auch dieser Wert unlogisch. Bei ETTLE (2001) hatte jedoch die Hybride *Avenir* mit dem höchsten Kolbenanteil im Gegensatz zu den eigenen Analysen auch den mit Abstand höchsten Stärkeanteil (36,7%) in der Maissilage (Anhang 3). Der mittlere Stärkegehalt in den Silagen der vier Hybriden lag bei ETTLE (2001) um 5,7 Prozentpunkte unter dem der eigenen Ergebnisse (Tabelle 9 und Anhang 3). Ob diese unterschiedlichen Analysenergebnisse aus vorliegender Arbeit und von ETTLE (2001) auf Unterschiede zwischen Big Bag und Fahrsilo oder auf Analysefehlern beruhen, muss offen bleiben. Auch sonst waren Abweichungen in den Gehalten und in der Reihung der vier Hybriden hinsichtlich der Rohnährstoffgehalte zwischen ETTLE (2001, Anhang 3) und den eigenen Ergebnissen (Tabelle 9) ersichtlich. Während der Fettgehalt der in Braunschweig eingesetzten Silagen nur um 0,8 Prozentpunkte variierte, lag er bei ETTLE (2001) durchschnittlich ca. 1,2 Prozentpunkte höher (Anhang 3). Der mittlere Rohproteingehalt bei den Maissilagen lag bei 7,8 % der T (Tabelle 9) und stimmte mit den Proteingehalten der von ETTLE (2001) analysierten Silagen überein (Anhang 3). Der Rohfaseranteil betrug bei der Hybride *Avenir* und *Byzance* 20,9% bzw. 20,7 %, die Hybriden *CGS5104* und *CGS5107* lagen mit 22,4% und 22,0% etwa 1,5 Prozentpunkte höher. ETTLE (2001) analysierte im Mittel um 1,5 Prozentpunkte niedrigere Rohfaserwerte (Anhang 3).

FLACHOWSKY et al. (1993) beschrieben, dass bei späterem Erntedatum der NDF,-ADF- und ADL-Gehalt in der Gesamtmaispflanze ansteigt, wobei der Gehalt im Kolben zwar sinkt, dagegen der in der Restpflanze überproportional zunimmt. Dies wurde im vorliegenden Vergleich, in dem jede Hybride nur zu einem Termin geerntet wurde, weitgehend von den Hybrideffekten überdeckt. Obwohl *Avenir* 14 Tage vor *CGS5107* geerntet worden war, lag

4. Ergebnisse und Diskussion

der NDF-Gehalt in der Silage (Tabelle 9) aus *Avenir* mit 41,6% um fast 5 Prozentpunkte höher als bei *CGS5107* (36,7%). So lag auch der NDF-Gehalt im Kolben bei der später geernteten Hybride (*CGS5107*) höher als bei *Avenir* und in der Restpflanze um 1,5 Prozentpunkte niedriger als beim *Avenir*.

Dies macht deutlich, dass Effekte des Erntezeitpunktes nur innerhalb einer Hybride verglichen werden können. Das bestätigt auch der Vergleich der ADF- und ADL-Gehalte in den Maissilagen. Auch hier wies *Avenir* mit 23,7% den höchsten Wert und *CGS5107* mit 19,5% den niedrigsten Wert auf. Bei den Gehalten in den Restpflanzen und Kolben waren keine wesentlichen Unterschiede im ADF- und ADL-Anteil zu erkennen (8,3% - 9,2% im Kolben und 38,5% - 39,1% in der Restpflanzen).

Bei den in sacco-Versuchen erhielten die Versuchskühe, in deren Pansen die Abbaubarkeit von frischen Restpflanzen und frischen Körnern (Versuch 1) bzw. von der Ganzpflanzensilage (Versuch 2) der vier Maishybriden *Avenir*, *CGS5104*, *Byzance* und *CGS5107* bestimmt wurden, die gleiche Ration, wie sie ETTLE (2001) bei den Kühen einsetzte, die für seine in sacco-Versuche mit den silierten Körnern und den Maissilagen der gleichen vier Maishybriden zur Verfügung standen. In Tabelle 10 sind die Rohnährstoffgehalte der in beiden in sacco-Versuchsperioden verfütterten Maissilage aufgeführt.

Tabelle 10: Gehalte an T, Rohnährstoffen und Stärke der in den in sacco-Versuchen (Versuch 1 und 2) verfütterten Maissilage (n=4).

T %	OS	XP	XL	XF	XX	XS
	in % der Trockensubstanz					
35,6 ±0,1	96,2 ±0,1	7,8 ±0,2	2,0 ±0,1	21,5 ±0,8	64,9 ±0,7	37,1 ±2,1

NDF, ADF und ADL wurden in der verfütterten Maissilage nicht bestimmt.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.2.3 Rohrnährstoffgehalte des eingesetzten Kraftfutters

Die Zusammensetzung der Kraftfuttermischung, die in den beiden in sacco-Versuchen (Versuch 1 und 2) gefüttert wurde, ist bereits unter Punkt 3.2.2 angegeben. Für das in Versuch 3 (Untersuchungen zum Nährstofffluss am Dünndarm) eingesetzte Kraftfutter sind in Tabelle 8 die Zusammensetzung und in Tabelle 11 die mittleren Gehalte an Rohrnährstoffen und Stärke von vier Stichproben (eine in jeder Fütterungsperiode) aufgeführt. Die Mischung der Kraftfutterkomponenten erfolgte im institutseigenen Mischfutterbetrieb.

Tabelle 11: Gehalte an Rohrnährstoffen, Stärke, NDF, ADF und Lignin des in Versuch 3 (Untersuchungen zum Nährstofffluss am Dünndarm) eingesetzten Kraftfutters (n=4)

T (%)	OS	XP	XL	XF	XX	XS	NDF	ADF	Lignin
	in % der Trockensubstanz								
87,5	95,4	24,0	4,1	6,5	60,8	37,6	16,3	6,7	0,1
±0,4	±0,5	±1,4	±0,1	±0,5	±0,4	±0,5	±1,2	±0,6	±0,02

4.3 IN SACCO-VERSUCHE AN MILCHKÜHEN

4.3.1 Pansenparameter der Versuchstiere

Die Pansenparameter in den beiden in sacco-Versuchsansätzen (1 und 2) sind zur Charakterisierung des Pansenmilieus der drei Versuchstiere im Anhang 4 dargestellt und dienen der Beschreibung der Fermentationsbedingungen, unter denen die beiden in sacco-Versuche durchgeführt worden sind. Die Pansensaft-Proben wurden, wie beschrieben, drei Stunden nach der Fütterung entnommen und wiesen sowohl einen niedrigen Ammoniak- (8,2 mg NH₃-N/100 ml) als auch pH-Wert (5,9) auf. Das Fettsäuremuster zeigte in den beiden Versuchsansätzen keine Unterschiede (Anhang 4), so dass vergleichbare Bedingungen herrschten. Ein ähnliches Pansenmilieu wurde auch von ETTLE (2001) bei in sacco-Versuchen mit silierten Maiskörnern bzw. Maissilagen beschrieben.

4.3.2 Versuch 1 (Versuche mit frischem Mais)

4.3.2.1 In sacco-Abbau der Restpflanze

Der in sacco-Trockensubstanzabbau von den Restpflanzen der vier Maishybriden *Avenir*, *CGS5107*, *Byzance* und *CGS5104* von zwei Erntezeitpunkten ist in Abbildung 2 dargestellt.

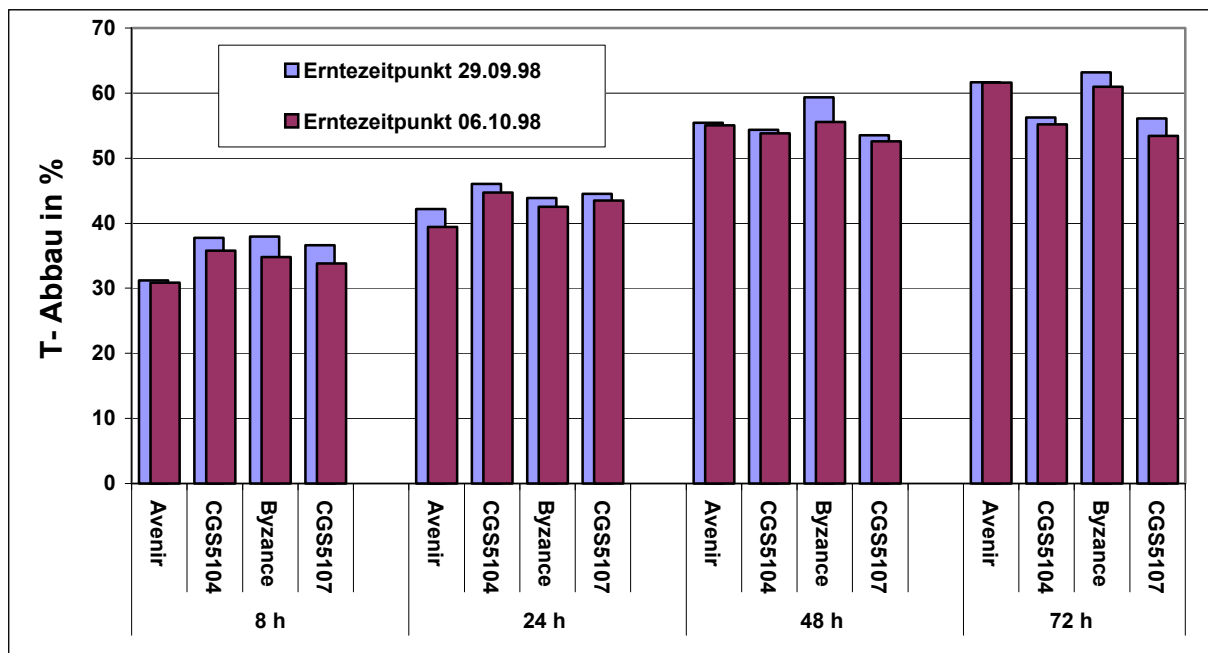


Abbildung 2: Mittlerer Trockensubstanzabbau der Restpflanzen verschiedener Maishybriden bei zwei verschiedenen Erntezeitpunkten in % der T-Einwaage (Inkubationszeiten: 8, 24, 48 und 72 Stunden)

Hier sind aus Platzgründen nur vier Inkubationszeiten abgebildet, die restlichen Daten und die nicht angegebenen Streuungen sind dem Anhang 5 zu entnehmen. Die signifikanten Differenzen ($p < 0,05$) zwischen den Hybriden bezüglich des T-Abbaus ihrer Restpflanzen sind im Anhang 6 aufgeführt.

Bei allen vier Hybriden wurde die Restpflanzen-Trockensubstanz des später geernteten Mais (06.10.98) in geringerem Umfang abgebaut als der früher geerntete Mais (29.09.98). FLACHOWSKY et al. (1993) beschrieben bei späterem Erntezeitpunkt ebenfalls einen geringeren Abbau der Trockensubstanz für verschiedene Pflanzenfraktionen und für die

4. Ergebnisse und Diskussion

Restpflanze als bei früherer Ernte. GROSS und PESCHKE (1980b) stellten fest, dass mit fortschreitender Vegetationsdauer der Rohfasergehalt der Gesamtpflanze signifikant abnimmt, dass dies aber auf dem zunehmenden Kolbenanteil beruht, während in der Restpflanze die Rohfasergehalte deutlich steigen, wodurch die Verdaulichkeit der Restpflanze sinkt. Die Hybride *Avenir* zeigte im Mittel den geringsten Einfluss des Erntezeitpunktes auf den T-Abbau. Die Auswaschverluste für die Trockensubstanzen (0 Stunden Inkubationszeit) betragen 23 % - 33% (Anhang 5), wobei die Hybride *Avenir* bei dem früheren Erntetermin die signifikant ($p < 0,05$) geringsten Auswaschverluste aufwies (Anhang 6). Die Restpflanzen des späteren Erntetermins besaßen bei allen vier Hybriden einen geringeren Verlust als beim ersten Erntedatum. Nach einer Verweildauer von 8 Stunden betrug der in sacco-Trockensubstanzabbau 31% - 38%, wobei *Avenir* zu diesem Inkubationszeitpunkt mit 32% für den ersten Erntezeitpunkt bzw. 31% für den späteren Zeitpunkt die signifikant geringste ($p < 0,05$) Abbaubarkeit aufwies. Nach 24 Stunden blieb die Reihung nach der Abbaubarkeit der Maisrestpflanzen gleich, wobei die Differenzen zwischen den Hybriden kaum mehr statistisch abzusichern waren (Anhang 6). *Avenir* wurde mit 42% bzw. 39% am geringsten abgebaut, *Byzance* bzw. *CGS5107* lagen mit 44% bzw. 45% für den ersten Erntezeitpunkt und 43% bzw. 44% für den zweiten Erntetermin in der Mitte, während der *CGS5104* die höchsten Abbauwerte zu dieser Inkubationszeit aufwies (46% und 45%). Die bis 24 Stunden am geringsten abgebaute Hybride *Avenir* hatte nach 48 bzw. 72 Stunden mit 56% eine höhere Trockensubstanz-Abbaubarkeit als die Hybriden *CGS5104* und *CGS5107*, während *Byzance* zu den letzten beiden Inkubationszeiten die höchste Abbaubarkeit aufwies. Bei einer Inkubationszeit von 72 Stunden waren bei allen Maishybriden durchschnittlich 59% der Trockensubstanz abgebaut, bei den hohen Inkubationszeiten ließen sich aufgrund der geringen Unterschiede keine Signifikanzen mehr feststellen. Aus den Ergebnissen zur in sacco-Abbaubarkeit der Restpflanzen lässt sich schließen, dass die Hybride *Avenir* bei kurzen Inkubationszeiten signifikant ($p < 0,05$) am geringsten abgebaut wird, welches auf relativ schwerverdauliche Zellwandbestandteile hinweist, die jedoch nach längerer Aufenthaltsdauer im Pansen (48 - 72 Stunden) ebenfalls abgebaut wurden, so dass keine statistischen Unterschiede gegenüber den anderen Hybriden bei höheren Inkubationszeiten abzusichern waren (Anhang 6). Wie der Tabelle 9 zu entnehmen ist, wies die Hybride *Avenir* den höchsten NDF-Gehalt in den Restpflanzen der vier Maishybriden auf, der die geringere Abbaubarkeit

4. Ergebnisse und Diskussion

bei kürzeren Inkubationszeiten erklärt. Bei der Hybride *Byzance*, die sich bei kurzer Inkubationszeit kaum von den CGS-Hybriden unterschied, stieg die Abbaubarkeit bei den langen Inkubationszeiten deutlich an, so dass hier ebenfalls ein Hybridunterschied bezüglich der Zusammensetzung der Zellwandkomponenten zu vermuten ist, der sich jedoch nicht in den NDF- und ADF-Gehalten widerspiegelte (Tabelle 9).

In Tabelle 12 sind die nach ØRSKOV und McDONALD (1979) berechneten effektiven Abbaubarkeiten für die Trockensubstanzen der Restpflanzen bei Annahme unterschiedlicher Passageraten (k) für die vier Maishybriden aufgeführt. Die Passagerate (k) ist dabei definiert als der Prozentsatz an Trockensubstanz, der pro Stunde den Pansen verlässt. Nach AFRC (1993) entspricht eine Passagerate von 8%/h dem Fütterungsniveau eines Tieres mit mehr als 15 kg Milch/Tag bzw. einer T-Aufnahme von > 15 kg/Tag, d.h. einer Energieversorgung von mehr als dem doppelten Erhaltungsbedarf. Mit zunehmender Futteraufnahme (bei hohen Milchleistungen) steigt die Passagerate, dadurch wird die Verweildauer des Futters im Pansen geringer, welches wiederum einen geringeren ruminalen Abbau der einzelnen Futterpartikel nach sich zieht. Die mittlere Verweildauer des aufgenommenen Futters im Pansen wird bei einer Passagerate von 8%/h auf 4 Stunden geschätzt, so dass die effektive Abbaubarkeit bei $k=8\%/h$ mit einer in sacco-Inkubation von etwa 4 Stunden vergleichbar ist.

Tabelle 12: Effektive Abbaubarkeit der Restpflanzen-T (in %) zu zwei verschiedenen Erntezeitpunkten

Maishybride	Erntedatum	Passagerate in %/h			
		k=2	k=4	k=6	k=8
Avenir	29.09.98	49,1	40,5	36,4	34,0
Avenir	06.10.98	48,9	39,5	35,3	32,9
CGS5104	29.09.98	49,1	44,0	41,5	39,9
CGS5104	06.10.98	47,9	42,6	39,9	38,2
Byzance	29.09.98	51,7	45,3	42,0	40,0
Byzance	06.10.98	48,7	42,1	38,4	36,1
CGS5107	29.09.98	47,8	42,7	39,8	38,0
CGS5107	06.10.98	46,1	41,0	38,1	36,3

4. Ergebnisse und Diskussion

Die Restpflanze der Hybride *Byzance* zeigte zum frühen Erntezeitpunkt mit 51,7% (geerntet am 29.09.98) den höchsten effektiven Abbau bei einer Passagerate von 2%/h. Bei späterer Ernte und höheren Passageraten (4%/h, 6%/h und 8%/h) wiesen jedoch die Restpflanzen der Hybride *CGS5104* einen geringfügig höheren Abbau als *Byzance* auf. Den geringsten Abbau für Passageraten von 4, 6 und 8%/h zeigte *Avenir*. Betrachtet man die Parameter der Abbaukurven (a, b, c Tabelle 13) und vergleicht diese mit den effektiven Abbaubarkeiten (Tabelle 12), so wird deutlich, dass die Hybride *Avenir* trotz geringster effektiver Abbaubarkeit die höchste potentielle Abbaubarkeit besitzt (a + b). Im Vergleich zu den anderen drei Hybriden hatte *Avenir* sehr hohe b-Werte (nicht lösliche - aber abbaubare Fraktion), die sich im Mittel um 26 Prozentpunkte von denen der anderen Hybriden unterschieden und somit zu den hohen potentiellen Abbaubarkeiten führten. Eine Erklärung für diese Unterschiede könnte der wesentlich frühere Erntezeitpunkt der Hybride *Avenir* sein. Jedoch wies *Avenir* mit c= 0,02/0,01 nur eine geringe Abbaurate auf, was bei hohen Passageraten zu einer geringeren effektiven Abbaubarkeit als bei den anderen drei Hybriden führte. Dies spiegelt sich in der höchsten potentiellen Abbaubarkeit der Hybride *Avenir* bei langer Verweildauer d.h. niedriger Passagerate (k= 2) in der effektiven Abbaubarkeit wider.

Tabelle 13: Parameter der Abbaukurven (a, b, c)* der Trockensubstanz der Restpflanzen von vier Maishybriden, die zu zwei Zeitpunkten geerntet wurden, aus dem in sacco-Versuch 1 an Milchkühen

Maishybride	Erntedatum	a	b	a+b	c
Avenir	29.09.98	24,8	54,0	78,8	0,02
Avenir	06.10.98	24,2	64,3	88,5	0,01
CGS5104	29.09.98	33,8	30,2	64,0	0,02
CGS5104	06.10.98	31,5	31,4	62,9	0,02
Byzance	29.09.98	31,8	37,9	69,7	0,02
Byzance	06.10.98	25,8	38,5	64,3	0,03
CGS5107	29.09.98	29,6	29,9	59,5	0,03
CGS5107	06.10.98	28,0	30,0	58,0	0,03

*Berechnet nach der Gleichung von ØRSKOV und MCDONALD 1979

4. Ergebnisse und Diskussion

Die effektive Abbaubarkeit der Hybride *Byzance* ist von allen Maishybriden im Mittel sowohl bei hoher als auch bei niedriger Passagerate am höchsten, so dass hier die hohe Abbaurrate ausschlaggebend ist.

Anhand dieser Ergebnisse stellt sich die Frage, wie aussagekräftig eine hohe potentielle Abbaubarkeit ist, wenn eine geringe Abbaurrate und eine kurze Verweildauer im Pansen vorliegen.

PARYS et al. (2000a) testeten Restpflanzen von 20 verschiedenen Maislinien und stellten deutliche Hybridunterschiede in der ruminalen Abbaubarkeit der Trockensubstanz bzw. NDF fest und berechneten eine enge Korrelation ($r=0,99$) zwischen den Abbaubarkeiten von T und NDF. Die effektive Abbaubarkeit der T lag bei einer Passagerate von 6%/h zwischen 42% - 56%, die eigenen Werte liegen im Mittel bei der gleichen Passagerate deutlich unter diesen Angaben (Tabelle 12). Für die höheren Abbauwerte von PARYS et al. (2000a) könnten frühere Erntezeitpunkte (als die in vorliegender Arbeit) der in ihren Versuchen verwendeten Maishybriden eine Ursache sein, da, wie auch aus Abbildung 2 ersichtlich, die Abbaubarkeit mit zunehmender Reife abnimmt. In der Arbeit von PARYS et al. (2000a) wurden keine Angaben über Erntedaten gemacht.

Bezüglich des T-Abbaus der Restpflanzen hob sich die Hybride *Avenir* am stärksten von den anderen drei Hybriden ab. Dies deutet auf die am stärksten von den drei übrigen Hybriden abweichende Zusammensetzung der Zellwandbestandteile hin. Da nicht genügend Material von den Restpflanzen vorlag, um einzelne Zellwandbestandteile im Inkubationsrückstand zu analysieren, wird jedoch von einer ähnlich engen Korrelation zwischen NDF und T wie bei PARYS et al. (2000a) ausgegangen.

4.3.2.2 In sacco-Abbau der Körner

Der in sacco-Trockensubstanzabbau der Körner von drei Erntezeitpunkten nach einer Inkubationszeit von 8, 16, 24 und 48 Stunden ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Werte für jede einzelne Inkubationszeit und die Streuungen sind Anhang 7 zu entnehmen. Die signifikanten Differenzen ($p<0,05$) zwischen den Hybriden bezüglich des T-Abbaus ihrer Körner sind im Anhang 8 aufgeführt.

4. Ergebnisse und Diskussion

Für die Körner wurden hohe Auswaschverluste (Verlust an Trockensubstanz aus den Nylonbags ohne Inkubation im Pansen) von 39% - 58% der Trockensubstanz ermittelt (Anhang 7). Dabei wurde die T der später geernteten Körner in Übereinstimmung mit Ergebnissen von SCHNEIDER et al. (1994) weniger ausgewaschen bzw. nach Inkubation auch weniger abgebaut, als die der früher geernteten Körner. Die Auswaschverluste lagen im Vergleich zu Literaturwerten für ausgereiften Körnermais (z.B. ASELTINE 1988, CERNEAU und MICHALET-DOREAU 1991, LOOSE 1999 und HRIC et al. 2000) sehr hoch. Wobei die Körner bei LOOSE (1999) die Druschreife hatten, während das Material von HRIC (2000) und das in vorliegender Arbeit die Silierreife besaßen. Noch höhere Auswaschverluste als in vorliegender Arbeit zeigten sich bei den in sacco-Versuchen von ETTLE (2001), der die im vorliegenden Versuch eingesetzten Körner als siliertes Material testete (*Avenir* mit geringsten Verlusten: 85% bei frühem Erntetermin, 50% bei späterem Erntetermin bzw. CGS4104 mit höchsten Verlusten: 90% und 69%).

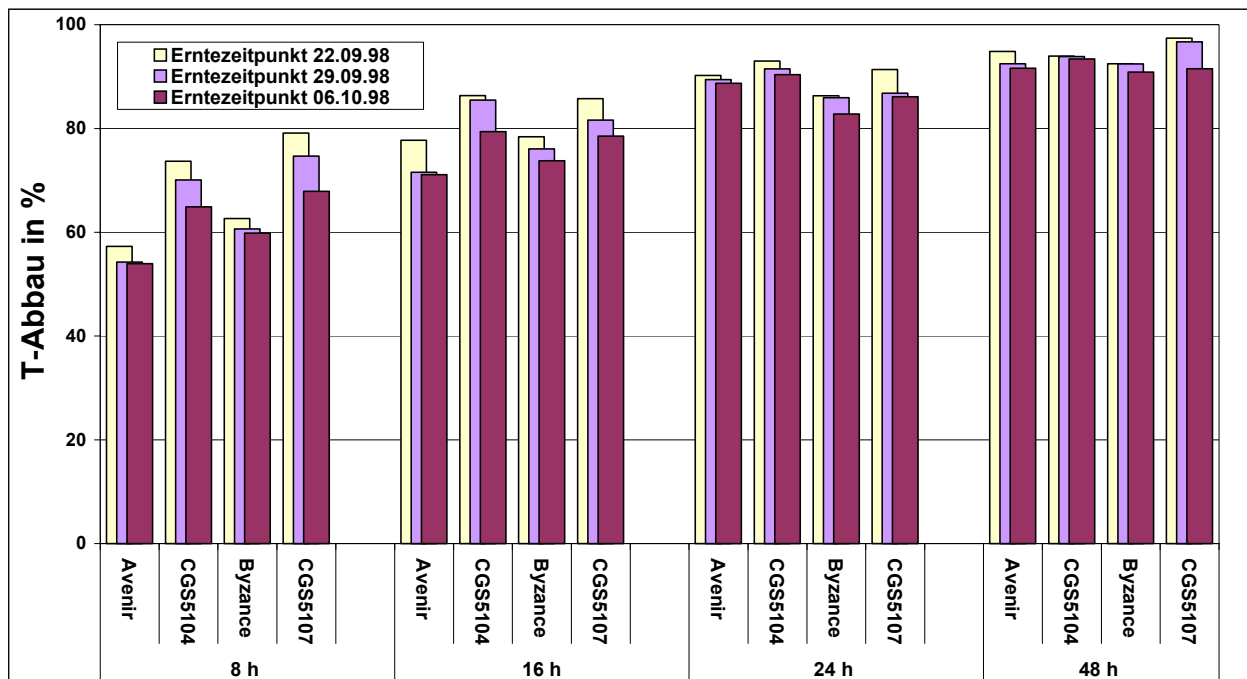


Abbildung 3: Mittlerer Trockensubstanzabbau der Körner von vier Maishybriden zu drei verschiedenen Erntezeitpunkten in % der Einwaage (Inkubationszeiten: 8, 16, 24 und 48 Stunden)

4. Ergebnisse und Diskussion

Bei dem eigenen unsilierten Material waren die Auswaschverluste deutlich niedriger, bei *Avenir* ebenfalls signifikant ($p < 0,05$) am geringsten: 41% beim frühesten Erntetermin und 39% beim letzten Erntetermin und bei der Hybride *CGS5104* auch am höchsten (58% und 46%), wobei die Abbauwerte der letztgenannten Hybride jedoch statistisch nicht abzusichern waren. Verglichen mit den silierten Körnern bei ETTLE (2001) zeigten sich bei den unsilierten im eigenen Versuch (Versuch 1) auch geringere Unterschiede zwischen den Erntezeitpunkten.

Nach 8 Stunden Inkubationszeit wurden die Körner der Hybriden *Avenir* aller drei Erntezeitpunkte signifikant ($p < 0,05$) am wenigsten abgebaut (57%, 54% und 54%). *Byzance* wies zu diesem Inkubationszeitpunkt einen Trockensubstanzabbau von 63% - 60% auf, während die Hybriden *CGS5107* und *CGS5104* im Mittel der Erntezeitpunkte bereits zu über 70% abgebaut waren (Abbildung 3). Nach einer Inkubationsdauer von 16 Stunden im Pansen waren die Körner der beiden letztgenannten Hybriden vom ersten Erntezeitpunkt (22.09.98) zu 86% bzw. 86% der eingewogenen Trockensubstanz und vom dritten Erntezeitpunkt zu 79% bzw. 79% abgebaut, *Byzance* wurde nach 16 Stunden Inkubationszeit zu 78% bis 74% (erster bis letzter Erntezeitpunkt) abgebaut, während die Hybride *Avenir* auch zu diesem Zeitpunkt noch den geringsten Trockensubstanzabbau aufwies (77% - 71%), diese Ergebnisse ließen sich jedoch nur teilweise statistisch absichern (Anhang 8). Geringfügig niedrigere Abbauwerte fanden SCHNEIDER et al. (1994) bei gleichen Versuchsbedingungen für andere Hybriden und LOOSE (1999) für die gleichen, aber etwas reiferen Hybriden eines anderen Erntejahres. Nach einer 24-stündigen Inkubationszeit lagen die Abbauwerte bei 83% - 93%, wobei *Byzance* mit 86% bis 83% den geringsten T-Verlust zeigte und somit noch niedriger lag als *Avenir* (90% - 89%). 48 Stunden nach Inkubationsbeginn waren alle vier Hybriden zu über 90% abgebaut und zeigten untereinander nur noch geringe Unterschiede, die nicht signifikant waren. ETTLE (2001) verzeichnete für die silierten Körner nach 48 Stunden Inkubationsdauer Abbauwerte bis zu 99%. Bei LOOSE (1999) traten bei Einbeziehung weiterer Sorten auch erheblich niedrigere Werte auf. In der vorliegenden Arbeit zeigten sich bei einer Inkubationszeit von 8h hybridspezifisch die größten Unterschiede im Abbau der Trockensubstanz (über 20 Prozentpunkten) für den ersten Erntetermin. Die Hybride *CGS5107* wies neben *CGS5104* zu allen Erntezeitpunkten den höchsten Trockensubstanzabbau auf, der

4. Ergebnisse und Diskussion

teilweise auch statistisch abzusichern war (Anhang 8), während bei *Avenir* zu fast allen Inkubationszeiten der signifikant ($p < 0,05$) geringste Abbau ermittelt wurde. Die Körner der Hybride *Byzance* wiesen bei Inkubationszeiten bis zu 16 Stunden einen nur wenig höheren Abbau der Trockensubstanz auf als die Hybride *Avenir*. Bei längeren Inkubationszeiten war dies teilweise umgekehrt.

Die effektiven Abbaubarkeiten der Trockensubstanzen sind in Tabelle 14 aufgeführt. Bei einer angenommenen Passagerate von $k=2\%/h$ betrug die effektive Abbaubarkeit der Maiskörner des ersten Erntetermins der Hybriden *Byzance* und *Avenir* 84% bzw. 85% und der Hybriden *CGS5104* bzw. *CGS5107* 88% und 90%.

Tabelle 14: Effektive Abbaubarkeit der Körner-T (in %) von drei verschiedenen Erntezeitpunkten

Maishybride	Erntedatum	Passagerate in % pro Stunde			
		k=2%	k=4%	k=6%	k=8%
Avenir	22.09.98	84,7	76,7	71,2	67,1
Avenir	29.09.98	82,8	75,4	69,8	65,6
Avenir	06.10.98	81,7	73,5	68,0	64,0
CGS5104	22.09.98	87,7	82,8	79,3	76,7
CGS5104	29.09.98	87,3	81,9	77,9	74,9
CGS5104	06.10.98	85,3	78,3	73,5	70,0
Byzance	22.09.98	84,1	77,8	73,7	70,7
Byzance	29.09.98	83,6	76,9	72,6	69,6
Byzance	06.10.98	81,0	73,8	69,2	66,0
CGS5107	22.09.98	89,9	84,5	80,7	77,8
CGS5107	29.09.98	86,1	80,7	77,5	75,1
CGS5107	06.10.98	85,5	80,1	75,6	72,3

Mit zunehmender Passagerate sank die effektive Abbaubarkeit bei allen Hybriden. Bei einer Passagerate von $k=8\%/h$ betrug die Differenzen gegenüber $k=2\%/h$ 11 - 18 Prozentpunkte

4. Ergebnisse und Diskussion

(*CGS5104* bzw. *CGS5107* und *Avenir*). Aus diesem Zusammenhang resultiert die Schlussfolgerung, dass bei höherer Futteraufnahme der Rinder und ansteigender Passagerate eine deutlich höhere Stärkeanflutung im Dünndarm zu erwarten ist.

Mit fortschreitendem Vegetationsstadium nahm die effektive Abbaubarkeit im Pansen aller Maishybriden ab. Bei Annahme einer hohen Passagerate von $k = 8\%/h$ bestand zwischen dem ersten und dem letzten Erntetermin eine Differenz von 3,1- (*Avenir*) bis 6,7- (*CGS5104*) Prozentpunkten in der Trockensubstanzabbaubarkeit. Für die Hybriden *Byzance* und *CGS5107* betragen die Differenzen 4,7 und 5,5 Prozentpunkte.

Bei ETTLE (2001) ergaben sich für die silierten Körner Differenzen vom ersten zum letzten Erntetermin von über 20 Prozentpunkten, allerdings erstreckte sich der Erntezeitraum auch auf über 6 Wochen. Bei den eigenen Versuchen lagen die drei Erntezeitpunkte nur um maximal 14 Tage auseinander.

Am ersten Erntetermin (22.09.98) und bei Annahme einer Passagerate von $8\%/h$ waren die Hybridunterschiede am deutlichsten. Auch bei anderen Autoren (LEBZIEN et al. 1997 und LOOSE 1999) zeigten sich die größten Sorteneffekte bei Annahme hoher Passageraten. Die effektiven Abbaubarkeiten betragen bei $k = 8\%/h$ für den ersten Erntetermin 67% bei der Hybride *Avenir* und 78% bei der Hybride *CGS5107*. Dies entspricht einer Differenz von 10,7 Prozentpunkten. Die effektive Abbaubarkeit der Hybride *CGS5104* lag bei $k = 8\%/h$ mit 77% dicht bei der Hybride *CGS5107*, während die der Hybride *Byzance* (71%) dazwischen einzuordnen war (Tabelle 14).

In Tabelle 15 sind die effektiven Abbaubarkeiten (Passagerate $k = 8\%/h$) der Körner der gleichen Hybriden von vier verschiedenen Versuchsansätzen, die unter den gleichen methodischen Bedingungen durchgeführt worden sind, gegenübergestellt.

Das genaue Erntedatum der Körner in der Arbeit LOOSE (1999) aus dem Anbaujahr 1996 war nicht bekannt, allerdings wurden die Körner in einem reiferen Zustand geerntet als die Körner von HRIC (2000), ETTLE (2001) und die der vorliegenden Arbeit.

Die Maispflanzen wurden für die Versuche von ETTLE (2001), HRIC et al. (2000) und die der vorliegenden Arbeit 1998 in Weihenstephan und die von LOOSE (1999) 1996 in Frankreich angebaut. Die Proben von ETTLE (2001) kamen im silierten Zustand zum Einsatz. Bei den silierten Maiskörnern des Anbaujahres 1998 (ETTLE 2001), sowie bei den unsilierten

4. Ergebnisse und Diskussion

Körnern aus dem gleichen Anbaujahr von HRIC et al. (2000) und aus dem eigenen Versuch zeigte die Hybride *Avenir* die geringste effektive Abbaubarkeit.

Tabelle 15: Literaturübersicht zum effektiven Abbau von Körner-Trockensubstanz (in %) bei einer angenommenen Passagerate von $k=8\%/h$ im Vergleich mit den Ergebnissen aus vorliegender Arbeit und dem Stärkeabbau in vivo (LOOSE 1999) in %

Autor/Anbaujahr/Zustand	Avenir	CGS5104	Byzance	CGS5107
	effektiver Abbau $k=8\%/h$ (in %)			
Vorliegende Arbeit Anbau: 1998, unsiliert, in sacco	66	75	70	75
HRIC et al. (2000) Anbau: 1998, unsiliert, in sacco	66	75	77	76
LOOSE (1999) Anbau: 1996, unsiliert, in sacco	65	55	78	60
ETTLE (2001) Anbau: 1998, siliert, in sacco	84	89	90	89
LOOSE (1999), Anbau: 1996, unsiliert Stärkeabbau (%), in vivo	53	49	52	53

Auch sonst variierte die Reihung der Hybriden kaum. Nur die effektive Abbaubarkeit der Hybride *Byzance* war in den eigenen Untersuchungen geringer als bei HRIC et al. (2000) und wies im Gegensatz zu HRIC et al. (2000) noch geringere Abbauwerte auf als die CGS-Hybriden. Die Abbauwerte der eigenen Untersuchungen und die von HRIC et al. (2000) stimmten größenordnungsmäßig, mit Ausnahme der Hybride *Byzance*, überein. Anders verhielt sich die Reihung der gleichen vier Maishybriden hinsichtlich der effektiven Abbaubarkeiten aus dem Erntejahr 1996 (LOOSE 1999). Dabei wurde *Byzance* mit Abstand am stärksten abgebaut (78%), gefolgt von der Hybride *Avenir* mit 65%, während die Hybriden *CGS5107* bzw. *CGS5104* nur zu 60% bzw. zu 55% abgebaut wurden. Wie bereits erwähnt,

4. Ergebnisse und Diskussion

lagen jedoch die Maiskörner von LOOSE (1999) bei der Ernte in einem reiferen Zustand vor, was aufgrund der dadurch vermehrten Einlagerung von Fett und Protein die geringere Abbaubarkeit erklären würde. Bei dem Vergleich der Ergebnisse für die unsilierten Körner von LOOSE (1998) mit den eigenen Abbauwerten und denen von HRIC et al. (2000) unterschieden sich die Abbauwerte der einzelnen Hybriden um 8 bis 20 Prozentpunkte, nur für die Hybride *Avenir* stimmte die Abbaubarkeit in den drei Versuchsansätzen gut überein. Da sich bei der Gegenüberstellung der Abbauwerte aller vier Versuchsansätze bezüglich der Reihung der vier Maishybriden bei LOOSE (1999) die größten Unterschiede darstellten, sind sowohl Reife,- Standort- als auch Jahreseinflüsse zu erwähnen, die den eventuell vorhandenen Sorteneffekt überdeckt haben könnten. Allerdings zeigten die Ergebnisse der vier Versuche trotz relativ identischer Versuchsbedingungen an derselben Forschungseinrichtung z.T. auch nicht erklärbare Abweichungen bezüglich der Abbaubarkeiten der Hybriden. LOOSE (1999) testete die vier Maishybriden aus dem Anbaujahr 1996 zusätzlich in einem in vivo-Versuch, wobei das Kraftfutter zu 76% jeweils aus Maisschrot einer der vier unsilierten Hybriden bestand. Als Grundfutter (40%) wurde Grassilage verabreicht, so dass die ruminale Abbaubarkeit der Stärke fast ausschließlich dem Mais zugeordnet werden konnte (Tabelle 15). Auch hier zeigte sich eine andere Reihung hinsichtlich der ruminalen Abbaubarkeit der vier Maishybriden, die 13 bis 28 Prozentpunkte unterhalb der in sacco-Abbaubarkeiten bei einer unterstellten Passagerate von $k=8\%/h$ lag. Zwischen den vier Hybriden waren in vivo kaum noch Differenzen vorhanden.

Eindeutige Effekte der Sorte auf den Abbau der Trockensubstanz von Maiskörnern beschrieben verschiedene Autoren (z.B. FIEMS et al. 1990, COLLAR et al. 1991, FLACHOWSKY et al. 1992b, SCHNEIDER et al. 1994, VERBIC und STEKA 1995, LEBZIEN et al. 1997, MICHALET-DOREAU et al. 1997, PHILLIPPEAU und MICHALET-DOREAU 1997, HRIC et al. 2000). Vergleicht man die Werte für den Trockensubstanz-Abbau der silierten Körner (ETTLE 2001) mit den eigenen Werten für die unsilierten Körner derselben vier Maishybriden eines Anbaujahrs, so wird ersichtlich, dass der Silierprozess die Abbaubarkeit wesentlich erhöht hat. Auch EVANS und COLBURN (1967), GALYEAN et al. (1981) sowie NOCEK (1987) beschrieben einen höheren Trockensubstanzabbau in situ von Maiskörnern nach der Silierung. Ebenfalls eine erhöhte effektive Abbaubarkeit siliierter Maiskörner im Vergleich zu unsiliertem Material ermittelten PHILLIPPEAU und MICHALET-

4. Ergebnisse und Diskussion

DOREAU (1998). Im Vergleich der Hybriden blieb die Reihung bezüglich der Höhe der effektiven Abbaubarkeiten jedoch von der Silierung weitestgehend unbeeinflusst (Vergleich mit Ergebnissen ETTLE 2001). BARON et al. (1986) und PHILLIPEAU und MICHALET-DOREAU (1998) erklärten, dass die Silierung zu einer teilweisen Auflösung der Proteinmatrix des Endosperms im Maiskorn führt, wodurch die Stärke für die Mikroorganismen besser angreifbar wird (MC ALLISTER et al. 1993). GALYAN et al. (1976) zeigten gleichfalls in vitro einen erhöhten Trockensubstanzabbau von Maiskörnern, die siliert worden waren sowie in vivo eine erhöhte ruminale Abbaubarkeit der organischen Substanz und eine erhöhte Stärkeabbaubarkeit. Dabei hatte sich die scheinbare Verdaulichkeit im gesamten Verdauungstrakt jedoch nur unwesentlich im Vergleich zu unsiliertem Material verändert. In Untersuchungen von MCKNIGHT et al. (1973) war dagegen die scheinbare Verdaulichkeit der T von silierten Maiskörnern signifikant höher als von getrockneten Maiskörnern.

Beim Vergleich der Parameter der Abbaukurven (Tabelle 16: a, b, c) mit den effektiven Abbaubarkeiten (Tabelle 14) wies die Hybride *Byzance* eine niedrigere Abbaurate (c) als die Hybride *Avenir* auf. Bei einer Passagerate von 8%/h (hochleistende Kuh) war die effektive Abbaubarkeit jedoch höher. Dies lässt sich mit den hohen Auswaschverlusten (Parameter a) erklären, die nahezu 10 Prozentpunkte über den Verlusten der Hybride *Avenir* lagen. Die höchsten Abbauraten (Parameter c) besaßen die Hybriden *CGS5104* und *CGS5107*, was sich sowohl bei hoher als auch bei niedriger Passagerate in einer hohen effektiven Abbaubarkeit (Tabelle 14) widerspiegelte. Die potentielle Abbaubarkeit (a + b) lag im Allgemeinen wegen des hohen Stärkeanteils der Maiskörner sehr hoch (>90%).

LOOSE (1999) beschrieb einen Korrelationskoeffizienten von $r=0,97$ zwischen dem T- und dem Stärke-Abbau bei Maiskörnern, so dass trotz fehlender Stärkeanalysen im eigenen Material der T-Abbau dem Stärkeabbau fast gleichgesetzt werden kann.

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 16: Parameter a, b und c (ØRSKOV und MCDONALD 1979) für den in sacco-T-Abbau der Körner von drei Erntezeitpunkten der vier Maishybriden

Maishybride	Erntedatum	a	b	a+b	c
Avenir	22.09.98	41,2	56,0	97,2	0,07
Avenir	29.09.98	32,8	60,8	93,6	0,09
Avenir	06.10.98	39,0	55,9	64,9	0,06
CGS5104	22.09.98	58,0	36,9	94,9	0,08
CGS5104	29.09.98	52,2	42,9	95,1	0,09
CGS5104	06.10.98	46,6	49,4	96,0	0,07
Byzance	22.09.98	53,2	41,4	94,6	0,06
Byzance	29.09.98	53,0	42,4	95,4	0,05
Byzance	06.10.98	48,3	45,5	93,8	0,05
CGS5107	22.09.98	57,0	40,9	97,9	0,08
CGS5107	29.09.98	49,1	46,9	96,0	0,08
CGS5107	06.10.98	60,0	33,0	93,0	0,07

Das Fazit der in sacco-Abbaumessungen von Restpflanzen und Körnern zur Charakterisierung der Maishybriden ist, dass die Abbaubarkeit der Körner (gleichzusetzen mit der Abbaubarkeit der Stärke) keine Rückschlüsse auf die der Restpflanze zulässt. Dies zeigte sich vor allem bei den Hybriden *Avenir* und *Byzance*. Während die Restpflanzenabbaubarkeit bei der Hybride *Byzance* sehr hoch war, war der Stärkeabbau (gleichgesetzt mit dem T-Abbau wegen bekannter enger Korrelation zur Stärkeabbaubarkeit) relativ gering. *Avenir* wies dagegen sowohl die geringste Restpflanzen- als auch Stärkeabbaubarkeit auf. Die Korrelation zwischen dem effektiven Abbau der Restpflanze und der Körner (Erntedaten 29.09.98 und 06.10.98) betrug nur $r=0,46$. Auch wiesen die unsilierten Körner eine deutlich geringere Abbaubarkeit als die zum gleichen Zeitpunkt geernteten silierten Körner der gleichen Maishybriden auf.

4.3.3 Versuch 2 (In sacco-Abbau der Maissilagen)

Die Ergebnisse der vorangegangenen in sacco-Versuche mit Maiskörnern und -restpflanzen haben gezeigt, dass der Reifegrad der Pflanzen bei der Ernte einen nicht unerheblichen Einfluss auf die ruminale Abbaubarkeit der T ausübt. Um diesen Faktor für die zu untersuchenden Maissilagen weitgehend auszuschalten, wurden Ernte und Silierung zu verschiedenen Zeitpunkten (wie in 4.1. beschrieben) durchgeführt. In Abhängigkeit vom T-Gehalt der Pflanzen wurde die früh-reifende Hybride *Avenir* bereits am 10.09.98 siliert, die Hybride *CGS5107* am 23.09.98, *Byzance* am 28.09.98 und die Hybride *CGS5104* am 30.09.98.

In Abbildung 4 sind die mittleren Trockensubstanzabbaubarkeiten für die vier Maissilagen dargestellt, Zahlenwerte sind dem Anhang 9 zu entnehmen. Die Auswaschverluste (0 Stunden Inkubationszeit) lagen im Durchschnitt bei 59%, wobei die Hybride *Avenir* mit 64% am höchsten lag. JOCHMANN (1999) beschrieb Auswaschverluste für Maissilagen von durchschnittlich 52%, wobei in ihrer Arbeit in Abhängigkeit von Reifestatus und Behandlung der Maissilagen (Milchsäurezusatz) erhebliche Abweichungen auftraten. ETTLE (2001), der die gleichen vier Hybriden wie in vorliegender Arbeit als Maissilage inkubierte, ermittelte Werte von durchschnittlich 56%. Angaben von VALENTIN et al. (1999) über den „Non-degraded dry matter loss“ von nur 24% der Maissilage-T sind mit den „Auswaschverlusten“ der vorliegenden Arbeit bzw. von ETTLE (2001) nicht vergleichbar, da hierbei zwar Nylonbeutel mit der gleichen Porengröße eingesetzt wurden, diese jedoch mit der Probe lediglich für 1 Stunde im Wasserbad geschüttelt und nicht in der Waschmaschine gewaschen wurden.

Nach einer Verweildauer von 4 Stunden waren bei der Hybride *Avenir* 65% der Trockensubstanz abgebaut, die anderen drei Hybriden lagen lediglich noch etwa einen Prozentpunkt darunter. Bis einschließlich 12 Stunden Inkubation war bei der Hybride *Avenir* kein wesentlicher Anstieg des Trockensubstanzabbaus zu verzeichnen. Erst nach einer 24stündigen Inkubation konnte bei *Avenir* ein deutlicher Anstieg auf 73% T-Abbau (6 Prozentpunkte höher als nach 12 Stunden Inkubation) ermittelt werden und lag um 2,5% Prozentpunkte über dem Abbau der anderen Hybriden.

4. Ergebnisse und Diskussion

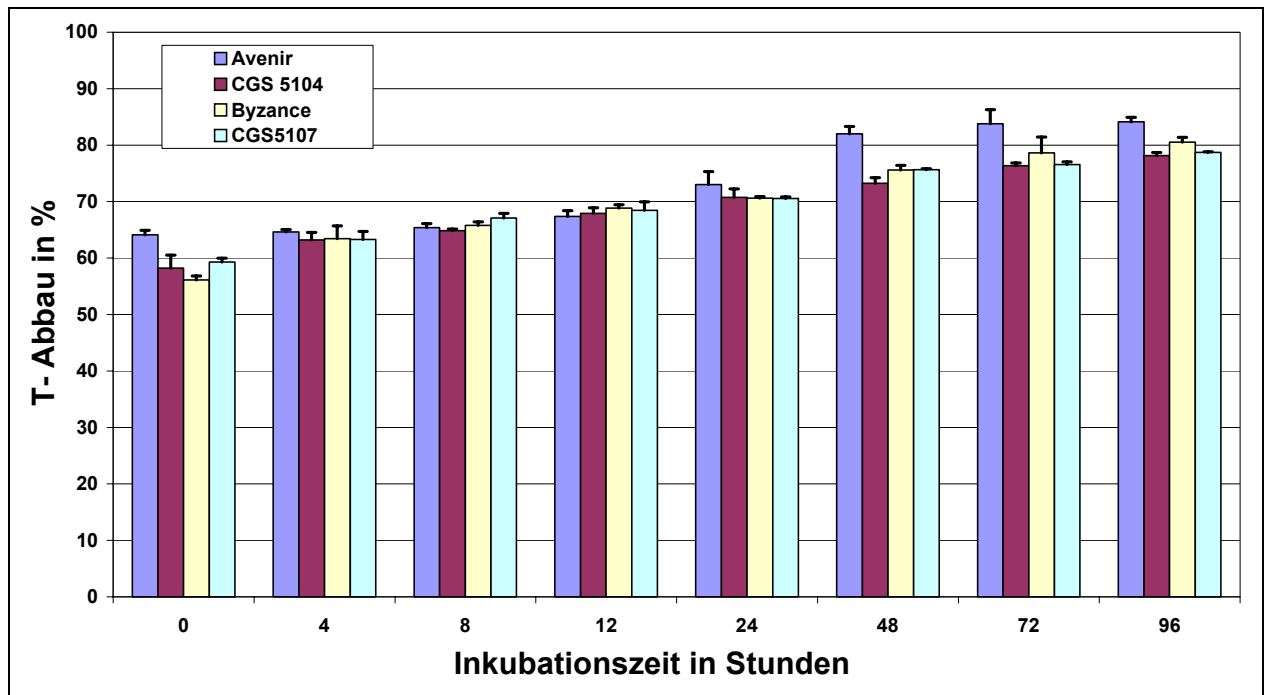


Abbildung 4: Abbau der Trockensubstanz von den vier Maissilagen nach 0, 4, 8, 12, 24, 48, 72 und 96 Stunden ruminaler Inkubation, (n=6)

Nach 48 Inkubationsstunden wies die Hybride *Avenir* mit 82% wieder den höchsten Abbau auf, während die übrigen drei Hybriden sich mit 73% (*CGS5104*) bis 76% (*Byzance* und *CGS5107*) etwa gleich verhielten. Erst nach 72 Stunden Inkubationsdauer wurde annähernd ein Plateau erreicht, welches im Mittel bei 79% Abbaubarkeit der Trockensubstanz lag. Nach 96 Stunden Inkubation besaß die Hybride *Avenir* auch weiterhin mit 84% die höchste Abbaubarkeit der Trockensubstanz, gefolgt von der Hybride *Byzance* (81% Abbau) sowie *CGS5107* mit 79% und *CGS5104* mit 78% Abbau. Statistisch zu sichernde Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Maishybriden waren nur nach 0, 4, 8 und 96 Stunden Inkubation gegeben (Anhang 9).

Abbildung 5 zeigt die effektive ruminale Abbaubarkeit der Trockensubstanz der vier Maissilagen. Die zur Berechnung der effektiven Abbaubarkeit benötigten Parameter a, b und c sind Anhang 10 zu entnehmen.

4. Ergebnisse und Diskussion

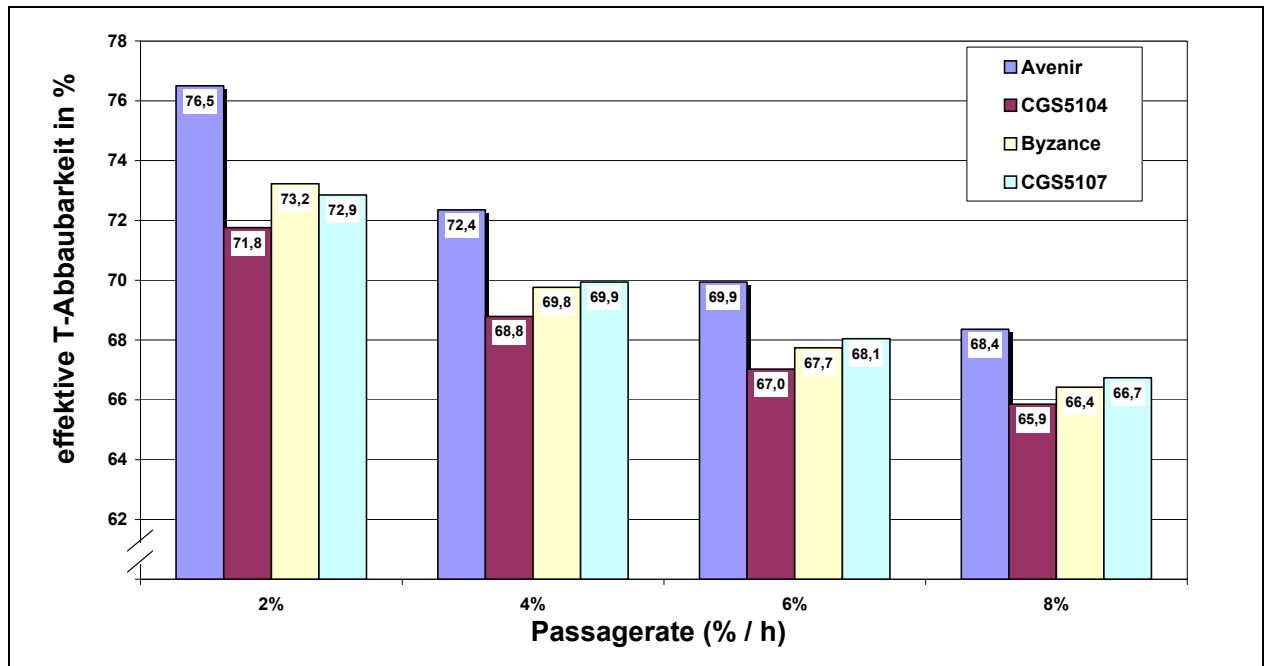


Abbildung 5: Effektive Abbaubarkeit der Trockensubstanz der vier Maissilagen in Abhängigkeit von der Passagerate

Der Mittelwert für die effektive Trockensubstanzabbaubarkeit lag bei einer angenommenen Passagerate von $k=2\%/h$ in der Stunde bei 74%, wobei die Hybride *Avenir* den höchsten effektiven Abbau aufwies, was im Gegensatz zu den Abbaubarkeiten der unsilierten Maiskörner und Restpflanzen steht. Hierbei ist jedoch zu bedenken, dass bei *Avenir* der größte zeitliche Abstand zwischen der Ernte der Ganzpflanzen und der der Körner und Restpflanzen bestand.

Tabelle 17 zeigt die mittleren effektiven T-Abbaubarkeiten der Maissilagen aus vorliegender Untersuchung im Vergleich zu den Ergebnissen von ETTLE (2001) und JOCHMANN (1999) bei einer niedrigen ($k=2\%/h$) und einer hohen ($k=8\%/h$) Passagerate. Dabei inkubierte ETTLE (2001) die gleichen vier Hybriden wie im vorliegenden Versuch, während JOCHMANN (1999) Maissilagen aus vier anderen Hybriden untersuchte.

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 17: Übersicht (vorliegende Arbeit, ETTLE 2001, JOCHMANN 1999) über Mittelwerte zur effektiven T-Abbaubarkeit von vier Maissilagen bei einer Passagerate von $k=2\%/h$ und $k=8\%/h$

Autoren	Hybriden (n=4) Anbaujahr	effektiver T-Abbau (in %)	
		$k=2\%/h$	$k=8\%/h$
Vorliegende Arbeit	Avenir, CGS5104, Byzance, CGS5107; Anbau 1998	74	67
ETTLE (2001),	Avenir, CGS5104, Byzance, CGS5107; Anbau 1998	73	63
JOCHMANN (1999),	vier andere Hybriden Anbau 1995/1996	72	61

ETTLE (2001) beschrieb eine durchschnittliche effektive Abbaubarkeit von 73% der Trockensubstanz bei einer Passagerate von 2%/h, JOCHMANN (1999) ermittelte eine Abbaubarkeit von 72%. Bei einer hohen Passagerate ($k=8\%/h$) wiesen die drei Hybriden *CGS5104*, *Byzance* und *CGS5107* in vorliegender Arbeit einen etwa gleichen effektiven Abbau von 66%, 66% und 67% auf, während der *Avenir* mit ca. 2 Prozentpunkten höher (68%) lag, so dass der Mittelwert für alle vier Maishybriden 67% betrug. Die Werte von ETTLE (2001) und JOCHMANN (1999) lagen somit bei einer Passagerate von 2%/h bzw. 8%/h im Mittel nur 1,5 bzw. 5 Prozentpunkte unter den eigenen Werten. Somit zeigten die Ergebnisse für die mittleren effektiven Abbaubarkeiten der Maissilagen (trotz unterschiedlichen Hybriden und Anbaujahren bei JOCHMANN 1999) eine sehr gute Übereinstimmung.

Bei ETTLE (2001) wies die Hybride *Avenir* ebenfalls die höchste effektive Abbaubarkeit auf und die Hybride *Byzance* bei niedrigen Passageraten die geringste Abbaubarkeit. Die Reihung war demnach mit den eigenen Ergebnissen fast identisch, allerdings betrugen die Hybridunterschiede in der vorliegenden Arbeit bis zu 4,7 Prozentpunkte. ETTLE (2001) beschrieb mit max. 1,4 Prozentpunkten geringere Unterschiede zwischen den Hybriden, während HUNT et al. (1993) sortenspezifische Differenzen von etwa 6 Prozentpunkten ermittelte.

4. Ergebnisse und Diskussion

Während die Abbaubarkeit der Stärke in den Maissilagen durch die Eigenschaften des Kolbens bestimmt wird, ist die Abbaubarkeit der Gesamttrockensubstanz vor allem unter dem Aspekt des Gehaltes der Ganzpflanze an Gerüstsubstanzen und ihrer Abbaubarkeiten zu sehen. VERBIC und STEKA (1995) wiesen darauf hin, dass Abbaubarkeitswerte von Ganzpflanzenmaissilagen mit Vorsicht zu interpretieren sind, da nicht geklärt ist, ob Effekte auf die Eigenschaften des Kornes oder auf die der Restpflanze zurückzuführen sind. In der vorliegenden Arbeit wurde der NDF-Gehalt in den in sacco-Rückständen analysiert, um den Abbau der Gerüstsubstanzen zu ermitteln. Für weitere Analysen (ADF und ADL) stand nicht ausreichend Material zu Verfügung.

Die Abbaubarkeit der NDF in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Inkubationszeiten ist für die vier Maissilagen in Abbildung 6 dargestellt. Die mittleren Messwerte sind Anhang 11 zu entnehmen. Die NDF-Analysen erfolgten auf Grund der geringen Menge an Inkubationsrückstand nur in Sammelproben, aus den jeweils 6 Parallelen einer Inkubationszeit, Angaben zur Statistik können somit nicht gemacht werden.

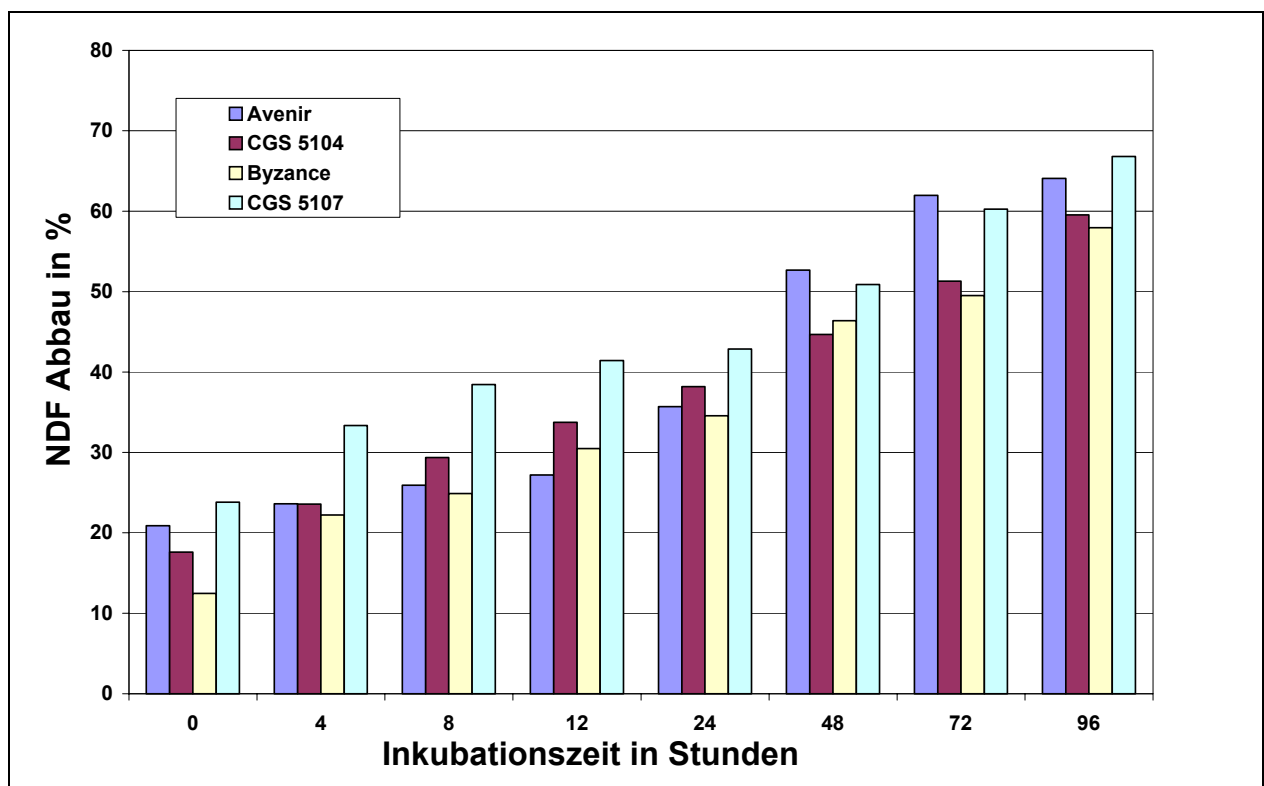


Abbildung 6: NDF-Abbau (%) bei den vier Maissilagehybriden nach unterschiedlicher Inkubationsdauer

4. Ergebnisse und Diskussion

Die Auswaschverluste (0 Stunden Inkubation) betragen für NDF 13% - 24%. *Byzance* zeigte mit 13% den geringsten und *CGS5107* mit 24% den höchsten Auswaschverlust. Auch nach 4 Stunden Inkubationszeit wies *CGS5107* den höchsten Abbau mit 33% auf, während die Abbaubarkeit der NDF für die restlichen drei Hybriden zwischen 22% und 24% lagen. Nach 48 und 72 Stunden Inkubation zeigte dagegen *Avenir* mit 53% bzw. 62% einen etwas höheren Abbau als *CGS5107* (51% und 60%), die NDF der Hybride *Byzance* war nach 72- und 96-stündiger Inkubation mit 50% und 58% am wenigsten abgebaut (Anhang 11).

BAL et al. (2000a) untersuchten den NDF und T-Abbau verschiedener Maissilagen nach 24-stündiger Inkubation und ermittelten einen ruminalen Abbau von 14 - 25% der NDF, die eigenen Werte lagen nach dieser Inkubationszeit zwischen 35 - 43%. Auch nach 96 Stunden Verweildauer im Pansen war bei der Hybride *CGS5107* der höchste Abbau der NDF zu verzeichnen, gefolgt von der Maissilage aus *Avenir* (NDF-Abbau zu 64%), der Hybride *CGS5104* mit 60% und der Hybride *Byzance* mit dem geringsten NDF-Abbau von nur 58%. Die Reihung der NDF-Abbauwerte für die Silagen der verschiedenen Hybriden steht im Gegensatz zu den Abbaubarkeiten der Restpflanzen, in denen der größte prozentuale Anteil der NDF-Fraktion zu finden ist. Dies ist vermutlich auf die unterschiedlichen Erntezeitpunkte von Rest- und Ganzpflanze zurückzuführen. So erfolgte die Ernte der Ganzpflanze von *CGS5107*, deren Silage in den ersten 24 Stunden die höchste NDF-Abbaubarkeit aufwies, 6 Tage vor der ersten Ernte der Restpflanze. Bei *Avenir*, deren Silage die höchste Abbaubarkeit nach 48 und 72 Stunden Inkubationszeit aufwies, betrug diese Differenz sogar 19 Tage. Bei *CGS5104* und *Byzance* dagegen nur einen Tag.

Abbildung 7 sind die effektiven Abbaubarkeiten von NDF bei unterschiedlichen Passageraten für die vier Maissilagen zu entnehmen, die Parameter a, b und c zur Berechnung der Abbaubarkeiten sind in Anhang 12 dargestellt.

4. Ergebnisse und Diskussion

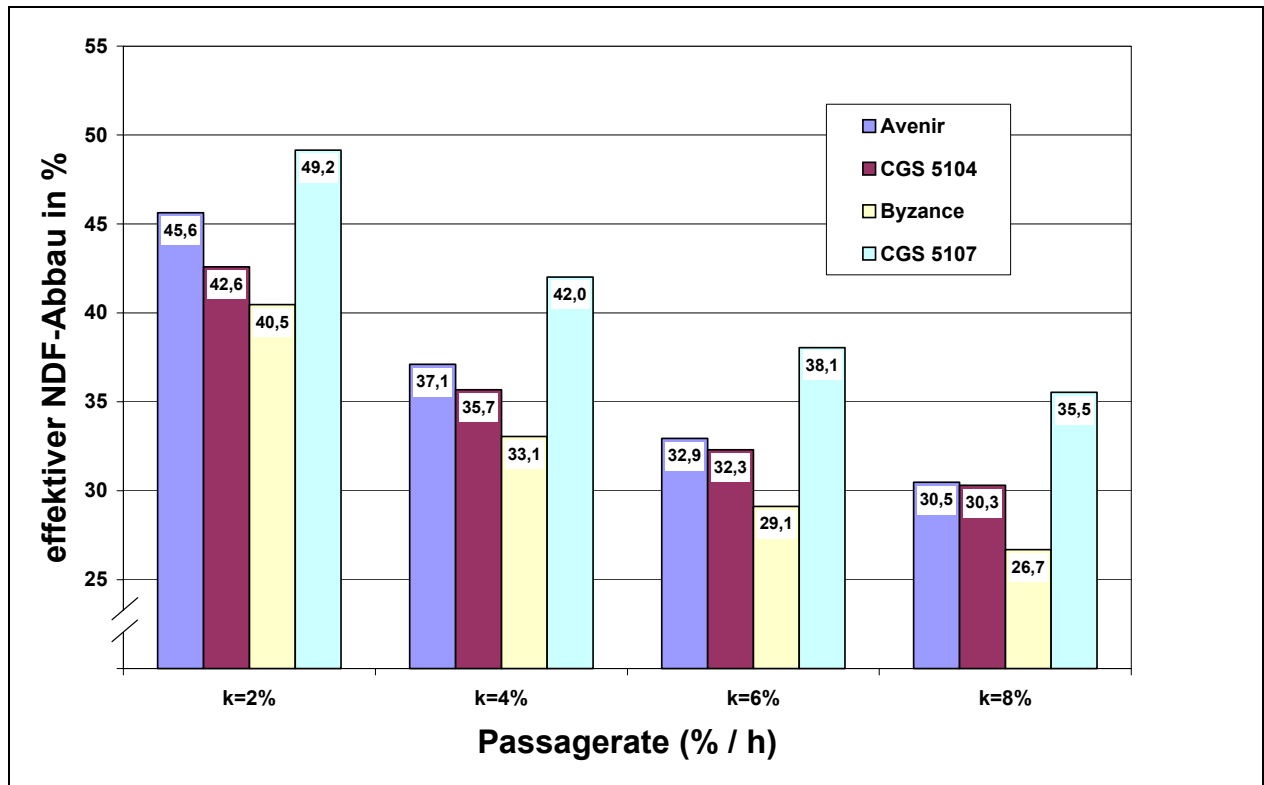


Abbildung 7: Effektiver Abbau von NDF (in %) der vier Maissilagen in Abhängigkeit zu der Passagerate

Größenordnungsmäßig entspricht die Abbaubarkeit der NDF nach 48stündiger Inkubation etwa den Abbaubarkeiten bei einer Passagerate von 2%/h. Nach 24 Stunden von 4%/h, nach 8 Stunden von 6%/h und nach 4 Stunden von 8%/h. Die Reihung der Hybriden ist hierbei nicht ganz identisch, aber ähnlich. Die Hybride *Avenir*, die den höchsten effektiven Trockensubstanzabbau der vier Maissilagen aufwies (Abbildung 5), zeigte für alle Passageraten nach der Hybride *CGS5107* den zweithöchsten NDF-Abbau. Diese veränderte Reihung hinsichtlich des Abbaus kann nicht durch einen bei der Ganzpflanze vermehrten T-Abbau der Körner bei der Hybride *Avenir* erklärt werden, da dieser bei dem Abbau Körner-Einzelfraktion (Versuch 1) den geringsten Wert aufwies. Als Erklärung für die unterschiedliche Reihung (T-Abbau Ganzpflanze und NDF-Abbau Ganzpflanze) der Hybriden kann nur der Siliervorgang, die Verschiebungen im Kolben : Restpflanzen-Verhältnis und/oder der Gehalt an NDF herangezogen werden.

4. Ergebnisse und Diskussion

Die niedrigste NDF-Abbaubarkeit zeigte die Hybride *Byzance*. Sie lag mit 41% ($k=2\%/h$) noch hinter der Hybride *CGS5104* (43%),- auch diese Reihung war bei dem effektiven Trockensubstanzabbau umgekehrt. Bei einer Passagerate von 8% pro Stunde waren die Differenzen im Vergleich zu 2%/h- Passagerate zwischen *CGS5104* und *Avenir* geringer und zwischen *CGS5107* und *Byzance* stärker ausgeprägt. Die Hybride *CGS5107* zeigte bei $k=8\%/h$ mit 36% den höchsten effektiven NDF-Abbau, *Byzance* mit 27% den niedrigsten und die Hybriden *CGS5104* bzw. *Avenir*, die bei geringerer Passagerate noch einen eindeutigen Unterschied aufwiesen, hoben sich mit 30% bzw. 31% kaum noch voneinander ab. Somit zeigten die Hybriden nicht unbedingt bei der höchsten Passagerate ($k=8\%/h$) die größten Unterschiede, wie dies bei der Abbaubarkeit der Körner in vorliegender Arbeit und bei anderen Autoren der Fall war (z.B. LEBZIEN et al. 1997, LOOSE 1999). Die Hybride *Avenir* besaß in der Ganzpflanze den niedrigsten Restpflanzenanteil, den geringsten Trockensubstanzabbau der unsilierten Körner bzw. Restpflanzen und wies von den Maishybriden als Ganzpflanzensilage den höchsten Trockensubstanzabbau auf. Dieses Ergebnis der in sacco-Versuche bestätigt die Überlegung, dass der Anteil der Restpflanze an der Ganzpflanze für die Abbaubarkeit der Ganzpflanzensilage eine größere Bedeutung besitzt als die Abbaubarkeit der Einzelfractionen. Die Hybride *Avenir* besaß den höchsten Kolbenanteil (59% der Gesamtpflanze, Abbildung 1), der als Einzelfraction zwar geringer als bei den anderen Hybriden abbaubar war, jedoch im Vergleich zur Restpflanze deutlich stärker abgebaut wird und somit ausschlaggebend für die hohe Abbaubarkeit der Ganzpflanze war. Entgegengesetzt verhält es sich bei *CGS5104*. Mit 53% Kolben (Abbildung 1) wies diese Hybride den geringsten Kolbenanteil an der Gesamtpflanze auf, zeigte zusammen mit der Hybride *CGS5107* die höchste Abbaubarkeit der Körner und die zweithöchste Abbaubarkeit der Restpflanze. Die Maissilage aus *CGS5104* hatte jedoch die niedrigste Abbaubarkeit (Trockensubstanz) von allen Hybriden, so dass dieser Effekt ebenfalls mit dem niedrigen Kolbenanteil zu erklären ist. Vergleicht man den Trockensubstanzabbau der Restpflanze mit der Abbaubarkeit der NDF der Ganzpflanze, so zeigte sich bei der Hybride *Byzance*, die die höchste Restpflanzenabbaubarkeit besaß (Abbildung 2), der niedrigste NDF-Abbau in der Maissilage (Abbildung 6). Ebenso verhielt sich *CGS5104*, mit dem zweithöchsten Restpflanzenabbau und den zweitniedrigsten NDF-Abbau der Silage. Bei den Hybriden *Avenir* und *CGS5107* zeigte sich der umgekehrte Effekt: Der T-Abbau der Restpflanzen war

4. Ergebnisse und Diskussion

gering (Abbildung 2), der NDF-Abbau in der Ganzpflanze dagegen hoch (Abbildung 6). Somit scheint ein hoher Gehalt an Zellwandbestandteilen mit einer höheren Abbaubarkeit derselben einherzugehen als ein geringerer Gehalt an Zellwandbestandteilen, was für die Standfestigkeit (Stabilität der Restpflanze) einen Sinn machen würde. Diese Ergebnisse könnten jedoch auch darauf hinweisen, dass sich siliertes Material hinsichtlich der Abbaubarkeit im Nylon-Bag anders verhält, als nicht silierte Einzelfractionen der Maispflanze und somit die Ergebnisse der Restpflanzenabbaubarkeit und Körnerabbaubarkeit nicht direkt auf die Maissilage übertragen werden können (keine Additivität). Am Beispiel von *CGS5104* und *Byzance*, bei denen die Ganzpflanze, Körner und Restpflanze im gleichen Reifestadium geerntet wurden, lässt sich dies beispielhaft rechnen. Für die Ganzpflanzensilage *CGS5104* ergab sich bei $k=8\%/h$ ein T-Abbau von 66%. Die Restpflanzen-T wurde zu 40% und die Körner-T zu 75% abgebaut. Bei einem Restpflanzen : Kolben-Verhältnis von 47 : 53 errechnet sich daraus eine Abbaubarkeit für die Ganzpflanze von 58%; d.h. von 7 Prozentpunkten weniger als für die silierte Ganzpflanze. Für *Byzance* betrug der entsprechende Wert 57%, d.h. 9 Prozentpunkte weniger als gemessen.

VERBIC und STEKA (1995) wiesen darauf hin, dass die Abbaucharakteristika der Restpflanze anhand ihrer Gehalte an NDF und ADF zu 99% zu erklären sind und dass der in sacco-Abbau oder die Konzentration an Zellwandbestandteilen geeignet sind, Unterschiede im Futterwert verschiedener Maishybriden abzuschätzen. Dies konnte durch die vorliegenden Versuche nicht bestätigt werden. So wies die Hybride *CGS5107* (Tabelle 9) mit dem geringsten NDF- (37%) bzw. ADF- (20%) und Lignin-Gehalt (1,8%) in der Silage einen deutlich geringeren T-Abbau (Abbildung 5) auf als *Avenir*, obwohl dieser den höchsten NDF- (42%), ADF- (24%) und Lignin- (2,1%) Gehalt hatte. In einer Übersichtarbeit folgte DEINUM (1988) aus zahlreichen Studien über Unterschiede zwischen Maishybriden, dass die Verdaulichkeit der Ganzpflanzensilage mehr durch die Abbaubarkeit der Zellwandbestandteile als durch den Gehalt an Zellwandbestandteilen bestimmt wird. Dem widersprechen HUNT et al. (1993), die bei einem Vergleich einer zellwandreichen mit einer zellwandarmen Maissorte eine höhere Abbaubarkeit der zellwandarmen Maissorte beobachteten. Auch in der eigenen Arbeit konnte kein direkter Zusammenhang zwischen NDF- und T-Abbau (Abbildung 4 und 6) nachgewiesen werden. Wie bereits erwähnt, ist

4. Ergebnisse und Diskussion

denkbar, dass Gehalt an bzw. Abbaubarkeit der Zellwandbestandteile in den Maissilagen keine voneinander unabhängigen Größen sind. Für brown-midrib-Hybriden beschrieben BAL et al. (2000b), dass neben einer verringerten Ligninsynthese durch das eingeführte brown midrib-Gen (MUELLER et al. 1971, COLENBRANDER et al. 1975 und WELLER und PHIPPS 1986) auch die NDF- und ADF-Anteile reduziert sind. Sie verglichen eine herkömmliche Maishybride (42% NDF, 24% ADF) mit der genetisch veränderten brown midrib-Hybride (38% NDF, 23% ADF). Dabei wurde bei der Zellwand-ärmeren Mutante ein höherer Trockensubstanzabbau als bei der zellwandreicheren festgestellt (60% gegenüber 56%). KÖHLER et al. (1989) konnten in unsilierten Restpflanzen allerdings bei den brown-midrib-Hybriden (geringerer Ligningehalt) höhere Gehaltswerte an Gerüstsubstanzen (NDF, ADF) nachweisen als in Restpflanzen herkömmlicher Hybriden. In einem weiteren Versuch von BAL et al. (2000b), bei dem die Abbaubarkeit von T und NDF einer NDF-reichen Maissilage mit der einer NDF-armen Maissilage verglichen wurde, zeigte sich ein höherer T-Abbau (66% gegenüber 62%) und niedrigerer NDF-Abbau (16% gegenüber 23%) der NDF-armen Maissilage. Der Überlegung, dass ein hoher Gehalt an Zellwandbestandteilen evtl. mit einer höheren Abbaubarkeit derselben einhergehen könnte und umgekehrt, widersprechen jedoch die Ergebnisse von TOVAR-GOMEZ et al. (1997). Sie fanden für eine *bm3*-Mutante, die nur eine geringe Konzentration an Zellwandbestandteilen aufwies, eine höhere effektive Abbaubarkeit von NDF und ADF als bei einer normalen Hybride. OBA und ALLEN (1999) zeigten ebenfalls einen höheren NDF-Abbau einer *bm3*-Mutante mit reduziertem Anteil an NDF, ADF und ADL im Vergleich zu einer normalen Hybride, während TOLERA et al. (1999) bei ähnlichen Versuchsansätzen keinen Zusammenhang zwischen in situ-Trockensubstanzabbau und Gehalt an pflanzlichen Gerüstsubstanzen sahen. SCHWARZ und ETTLE (2000) untersuchten die Zellwandbestandteile der unsilierten Maispflanzen desselben Bestandes, aus dem auch die für die eigenen Versuche verwendeten Maissilagen gewonnen wurden. Im Vergleich zu den eigenen analysierten NDF-, ADF- und Lignin-Werten in dem silierten Material zeigten sich zum Teil beachtliche Differenzen, die vermutlich der Silierung zuzuschreiben sind. Die unsilierte Ganzpflanze der Hybride *CGS5104* wies den höchsten NDF-Gehalt von 48% und einen ADF-Anteil von 21% auf, bei dem silierten Material wies diese Hybride Werte von 41% bzw. 22% auf und lag damit unter den Werten für die Hybride *Avenir*. Den geringsten NDF- (37%) und ADF-Gehalt (20%) zeigte bei den Silagen die

4. Ergebnisse und Diskussion

Hybride *CGS5107*, die unsilierte Ganzpflanze wies 45% NDF und 23% ADF auf. Dieser Vergleich deckt eine deutliche Verringerung des pflanzlichen Gerüstsubstanzeils durch die Silierung auf, welche sich auch im Ligningehalt widerspiegelt: 2,7% - 3,1% bei den unsilierten Ganzpflanzen (SCHWARZ und ETTLE 2000) gegenüber 1,8% - 2,1% bei den Maissilagen im vorliegenden Versuch. HUNT et al. (1993) berichteten von einer Verminderung des Gerüstsubstanzeils nach der Silierung. Allerdings konnten die Autoren keinen Sorteneffekt feststellen und schlussfolgerten, dass ein hoher nutritiver Wert der frischen Maispflanze auch nach dem Silierungsprozess erhalten bleibt. Unklar bleibt jedoch nach wie vor die Frage, welche Parameter im frischen oder silierten Material eindeutige Rückschlüsse auf den Futterwert der Silage zulassen.

4.4 STOFFWECHSELVERSUCH

4.4.1 Versuchsverlauf und Futteraufnahme

In Tabelle 18 sind die mittleren täglichen Rohnährstoff- und Stärkeaufnahmen der fistulierten Milchkühe dargestellt.

Tabelle 18: Mittlere tägliche Aufnahme an T, OS, XP, Stärke und Zellwandbestandteilen (kg) der fistulierten Milchkühe (n=4) im Stoffwechselversuch

Hybride	T	OS	XP	XS	NDF	ADF	ADL
Avenir	13,76 ±0,61	13,11 ±0,58	2,24 ±0,05	5,18 ±0,21	3,85 ±0,33	1,92 ±0,16	0,22 ±0,02
CGS5104	14,16 ±0,00	13,5 ±0,01	2,29 ±0,02	5,19 ±0,02	4,17 ±0,09	2,18 ±0,08	0,28 ±0,00
Byzance	13,59 ±1,01	12,97 ±0,95	2,21 ±0,13	5,04 ±0,38	3,79 ±0,39	2,02 ±0,17	0,25 ±0,01
CGS5107	13,62 ±0,48	12,99 ±0,46	2,24 ±0,07	5,20 ±0,16	3,98 ±0,23	2,04 ±0,17	0,25 ±0,03

4. Ergebnisse und Diskussion

Während der vier Versuchsperioden nahm eine Kuh (Evelyn) in drei Perioden nicht die gesamte Ration auf, was sich auf die Trockensubstanzaufnahme in diesen Perioden jedoch nur mit einer geringen Zunahme der Streuung auswirkte (Tabelle 18). Die Ration bestand aus Kraftfutter und jeweils einer der vier zu testenden Maissilagen. Die schlechte Futteraufnahme wurde vermutlich durch eine angehende Mastitis hervorgerufen. In den Futterrückwaagen erfolgte eine Analyse der Rohnährstoffe, um die tatsächlich aufgenommene Nährstoffmenge zu ermitteln.

Die tägliche Trockensubstanzaufnahme lag bei den Versuchstieren zwischen 13,59 kg und 14,16 kg, davon entfielen 44 % auf die jeweilige Maissilage (Grundfutter). Der NDF-Anteil in der Ration betrug 28% - 29% der T-Aufnahme. Die Stärkeaufnahmen von 5,04 kg bis 5,20 kg täglich waren sehr hoch, unterschieden sich aber zwischen den einzelnen Silagegruppen nicht wesentlich, ebenso die Rohproteinaufnahme, die zwischen 2,21 kg (*Byzance*) und 2,29 kg (*CGS5104*) lag.

Aus den Analysenwerten für die Kraftfuttermischung und die Maissilagen, den Verdaulichkeiten und UDP-Anteilen für die Rohnährstoffe der Kraftfutterkomponenten sowie UDP-Anteilen für das Silageprotein aus den DLG-Futterwerttabellen (1997) und den Verdaulichkeiten der Maissilagen, die in einem Hammelversuch in Weihenstephan (ETTLE 2001) gemessen wurden, wurden die mit den Rationen aufgenommenen Nettoenergiemengen (NEL), das nutzbare Rohprotein (nXP) und die ruminale Stickstoffbilanz (RNB) ermittelt. Die Verdaulichkeiten der Maissilagen (siehe Anhang 13, ETTLE 2001) und der sich daraus ergebende Energiegehalt waren sehr hoch, wurden jedoch, um ermittelte Hybridunterschiede nicht durch Verwendung von Tabellenwerten zu überdecken, in die Auswertung einbezogen (Tabelle 19).

Die so ermittelte tägliche Energieaufnahme aus den vier verschiedenen Rationen betrug im Mittel $107,0 \pm 3,2$ MJ NEL und die nXP-Aufnahme belief sich auf 2417 ± 63 g täglich. Da allen Versuchskühen die gleiche Futtermenge vorgelegt werden sollte und die T-Aufnahme nur nach dem „aufnahmeschwächsten“ Tier ausgerichtet werden konnte, kam es bei zwei Tieren mit hoher Milchleistung (Evelyn und Salta, Tabelle 7) zur Unterversorgung, die in den Zeitabschnitten zwischen den Versuchsperioden (bzw. in der 2wöchigen Adaptationszeit) wieder etwas ausgeglichen wurde. Die mittlere Milchleistung sank während des gesamten

4. Ergebnisse und Diskussion

Versuchs von 28 kg/FCM auf 24 kg/FCM ab, so dass sich das hohe Energiedefizit (Bedarf ca. 125 MJ NEL) zu Beginn des Versuchs in der zweiten Hälfte des Versuchs (Bedarf ca. 110 MJ NEL) verringerte. Für die nXP-Versorgung galt das gleiche wie für die Energieversorgung: Während zu Versuchsbeginn eine Unterversorgung von im Mittel 300 -400 g vorlag, war der Bedarf in der zweiten Versuchshälfte gedeckt.

Tabelle 19: Tägliche Energie- und nXP-Aufnahmen sowie ruminale N-Bilanz (RNB) der fistulierten Milchkühe (n=4)

Avenir	CGS5104	Byzance	CGS5107
tägliche Energieaufnahme NEL (MJ)			
109,0 ±6,1	109,8 ±0,82	106,5 ±4,9	102,8 ± 2,7
tägliche nXP-Aufnahme (g) und Anteil aus den Maissilagen (%)			
2450 ±117 (35,6%)	2483 ± 5 (36,4%)	2394 ±101 (35,6%)	2339 ±174 (34,7%)
tägliche RNB (g) der Ration			
-18,5 ±8,3	-16,5 ±0,5	-14,2 ±0,4	-7,3 ±5,4

Der prozentuale Anteil an nXP, der aus dem Kraftfutter stammte, lag im Mittel bei 64 %. Für die Ration ergab sich aus der DLG-Tabelle (1997) eine mittlere Abbaubarkeit des XP von 67%. Die ruminale Stickstoffbilanz betrug zwischen -7,3 und -18,5g für die vier Rationen. Eine negative N-Bilanz in der vorliegenden Größenordnung kann durch N-Rezirkulation ausgeglichen werden (GFE 1997).

4.4.2 Pansenphysiologische Untersuchungen

4.4.2.1 Konzentration der flüchtigen Fettsäuren

Die Pansensaft-Probenahme zur Bestimmung der Konzentration an flüchtigen Fettsäuren fand 180 Minuten nach Beginn der Morgenfütterung statt. Bei den Gruppen, die mit Silage aus

4. Ergebnisse und Diskussion

CGS5104 bzw. *Avenir* gefüttert worden waren, wurde tendenziell ($p > 0,05$) eine höhere Konzentration an flüchtigen Fettsäuren ermittelt als nach Verabreichung der anderen beiden Maissilagen. Wie aus Abbildung 8 zu entnehmen ist, stimmen diese Tendenzen sehr gut mit den korrespondierenden niedrigeren pH-Werten überein. In Tabelle 20 sind die Gesamtfettsäuregehalte und die molaren Anteile der einzelnen flüchtigen Fettsäuren im Pansensaft der Milchkühe bei Verfütterung der vier Maissilagehybriden dargestellt.

Tabelle 20: Gesamtfettsäuregehalt und molare Anteile der einzelnen flüchtigen Fettsäuren im Pansensaft von fistulierten Milchkühen (n=4) beim Einsatz von Silagen aus verschiedenen Maishybriden (die Probenentnahme erfolgte drei Stunden nach Beginn der Morgenfütterung)

Parameter	Avenir	CGS5104	Byzance	CGS5107
Gesamtkonzentration an flüchtigen Fettsäuren (mmol/l)	112,1 ±23,2	115,2 ±7,7	108,0 ±15,2	109,6 ±5,4
Flüchtige Fettsäuren (molare Anteile in %)				
Essigsäure	60,7 ±5,8	60,9 ±1,3	60,6 ±0,9	60,3 ±4,9
Propionsäure	21,2 ±8,1	20,0 ±1,5	18,0 ±1,1	19,5 ±2,5
Iso-Buttersäure	0,5 ± 0,2	0,5 ±0,1	0,5 ±0,1	0,4 ±0,1
Buttersäure	13,3 ±2,0	15,6 ±1,7	17,4 ±0,7	16,3 ±2,8
Iso-Valeriansäure	1,0 ±0,5	1,1 ±0,4	1,5 ±0,9	1,0 ±0,5
Valeriansäure	2,0 ±0,7	1,7 ±0,5	2,0 ±0,4	2,5 ±1,5
C2 : C3-Verhältnis	2,8 : 1	3,1 : 1,0	3,4 : 1,0	3,1 : 1,0

Die Tiere, die Silage aus der Hybride *Byzance* erhielten, wiesen die geringste Konzentration an flüchtigen Fettsäuren auf, dies ging mit dem höchsten pH-Wert zum Entnahmezeitpunkt, 180 Minuten nach Fütterungsbeginn, einher (Abbildung 8). Die Unterschiede, die nicht überinterpretiert werden sollten, können zum einen durch die verschiedenen Abbaubarkeiten der Trockenmasse, zum anderen aber auch durch Faktoren, wie der Höhe der T-Aufnahme bedingt sein. Vergleicht man die täglichen Trockensubstanzaufnahmen (Tabelle 18) mit den ermittelten Gesamtfettsäuregehalten (Tabelle 20), so zeigte die Gruppe mit der tendenziell

4. Ergebnisse und Diskussion

höchsten T-Aufnahme auch die tendenziell höchste Gesamtfettsäurekonzentration, bzw. die mit der niedrigsten Aufnahme die geringste Konzentration an flüchtigen Fettsäuren. Allerdings sind die Unterschiede hinsichtlich T-Aufnahme und der Konzentration an flüchtigen Fettsäuren nur gering. Zudem sind die Konzentrationen an flüchtigen Fettsäuren in vorliegender Arbeit nur zu einem Messzeitpunkt bestimmt worden (180 Minuten nach Beginn der Fütterung), so dass keine Rückschlüsse auf die Fettsäureproduktion bzw. Absorption gezogen werden können.

Hinsichtlich der molaren Anteile der flüchtigen Fettsäuren konnten zwischen den vier verschiedenen Maishybriden keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Bei der Hybride *Avenir* war der Propionsäureanteil (21 %) tendenziell am höchsten, wodurch bei gleichzeitig relativ konstantem Essigsäureanteil hier das engste Acetat : Propionat-Verhältnis von 2,8 : 1,0 zu verzeichnen war. Den niedrigsten molaren Propionsäureanteil wies der Pansensaft der mit *Byzance* gefütterten Tiere mit 18% auf. Bei etwa gleichem Essigsäureanteil ergab sich hier das weiteste Acetat : Propionat-Verhältnis (3,4 : 1,0). Das mittlere $C_2 : C_3$ -Verhältnis lag bei drei der vier Gruppen in dem von KAUFMANN und ROHR (1967) sowie von BAUMGART (1967) für eine optimale Milchfettsynthese angegebenen Bereich von mindestens 2,5 bis 3,0 : 1. Die eigenen Ergebnisse sind denen von JOCHMANN (1999) nach Einsatz von Maissilagen und Kraftfutter sehr ähnlich.

4.4.2.2 pH-Werte

Die an den vier im Versuch stehenden Tieren ermittelten pH-Werte im Pansensaft zeigten zu dem jeweiligen Messzeitpunkt zwischen den Hybriden keine signifikante Unterschiede, spiegelten die Konzentrationen an Gesamtfettsäuren im Pansensaft (Tabelle 20) wider und bewegten sich im physiologischen Bereich (Abbildung 8, Anhang 14).

Die pH-Werte sanken bereits 30 - 90 Minuten nach Beginn der Fütterung bei allen Versuchstieren ab und stiegen nach 2 - 3 Stunden langsam wieder. Die Ausgangswerte wurden in dem Messzeitraum von 300 Minuten noch nicht wieder erreicht, da die letzte Futtervorlage bei der ersten Messung bereits 12 Stunden zurücklag und somit kaum noch abbaubare Kohlenhydrate vorhanden waren, während die Fütterung bei Beendigung der Messungen (10.30 Uhr) erst 5 Stunden zuvor erfolgt war, d.h. noch weitere Fettsäuren im

4. Ergebnisse und Diskussion

Pansen produziert wurden. Der pH-Wert lag kurz vor Fütterungsbeginn bei den Tieren, die die Hybride *CGS5107* aufnahmen, tendenziell am höchsten. Auch im weiteren Verlauf waren die pH-Werte bei den Tieren, die *CGS5107* und *Byzance* erhielten, etwas höher als bei Verabreichung von Silage aus *CGS5104* und *Avenir*. Nur bei der Pansensaftentnahme 90 min nach Beginn der Fütterung, lagen die pH-Werte von *Avenir* und *CGS5104* über den Werten für *CGS5107* und *Byzance*.

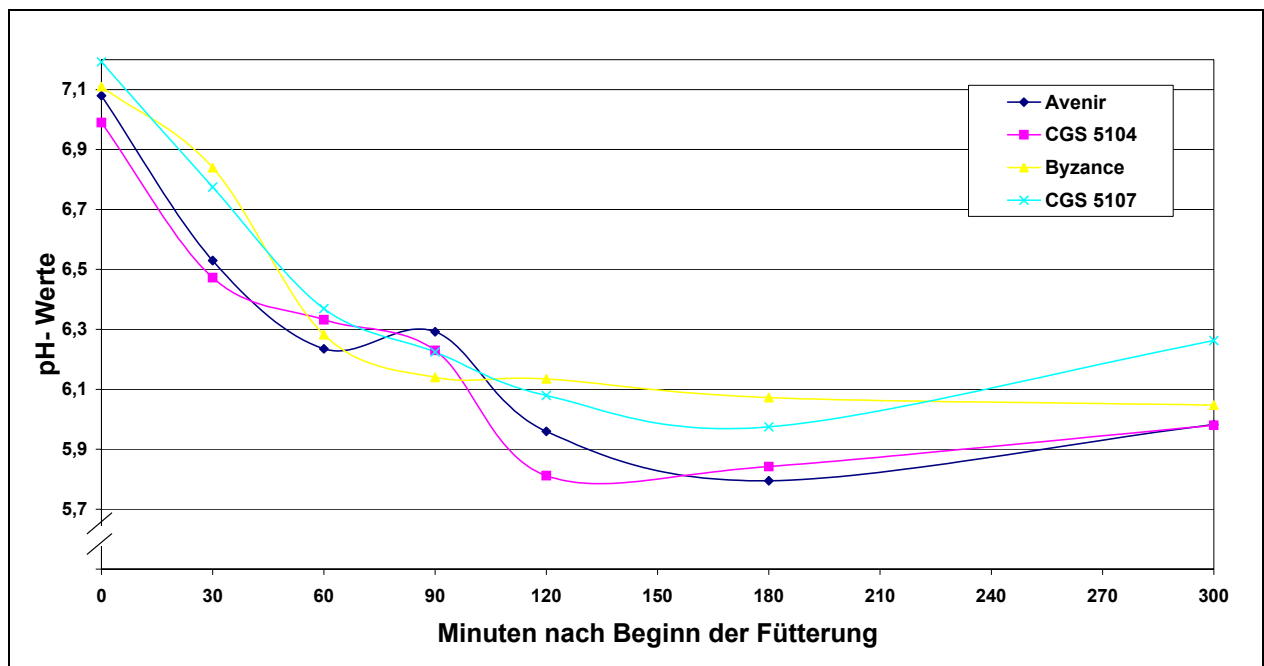


Abbildung 8: pH-Werte im Pansensaft von fistulierten Milchkühen (n=4) bei der Fütterung von vier Maissilagen während der ersten 5 Stunden nach Beginn der Fütterung

Die tierindividuellen Unterschiede, die anhand der Streuungen im Anhang 14 erkennbar sind, können durch unterschiedliches Fressverhalten der Kühe erklärt werden, d.h. während eine Kuh 2 Stunden nach Futtevorlage den Trog leergefressen hatte, brauchte die andere Kuh 6 – 7 Stunden dazu. Auffallend ist, dass die Mittelwerte (Abbildung 8) 60 - 90 min nach dem Fütterungsbeginn fast identisch waren und nach etwa 120 Minuten stärker voneinander abwichen. JOCHMANN et al. (1998) beschrieben pH-Werte bei ähnlicher Fütterung, die einen vergleichbaren Kurvenverlauf auf etwa gleichem Niveau aufwiesen, allerdings lagen die

4. Ergebnisse und Diskussion

Ausgangswerte (vor der Fütterung) bei vorliegender Arbeit höher. Vergleicht man die ruminale Abbaubarkeit der Silagen mit den pH-Werten, so zeigt sich, dass *Avenir* mit der höchsten in situ-Abbaubarkeit, zur zweithöchsten Konzentration an flüchtigen Fettsäuren und zu einem entsprechend niedrigen pH-Wert im Pansensaft führte. Dagegen wies die Hybride *CGS5104*, deren Verfütterung die insgesamt niedrigsten pH-Werte und die höchste Gesamtfettsäurenkonzentration im Pansen bedingte, den geringsten ruminalen T-Abbau auf. Das heißt, dass ein eindeutiger Zusammenhang nicht vorhanden war. Dieser Vergleich zeigt, dass sich die Tendenz - niedriger pH-Wert gleich hohe ruminale Abbaubarkeit - wie beim Einsatz großer Mengen an Getreideschrot (LOOSE 1999) beobachtet, bei Maissilage nicht widerspiegelt. Die pH-Wertvergleiche sollten jedoch nicht überinterpretiert werden, da Entnahmetechnik, Lokalisation der Entnahmesonde, tierspezifische Unterschiede und Tagesschwankungen im Pansenmilieu beträchtlichen Einfluss auf den Pansen-pH besitzen können (HÖNER et al. 2001).

4.4.2.3 NH₃-N-Konzentration

Die NH₃-N-Konzentration im Pansensaft ist von der Produktion, der Verwertung durch Mikroben, von der Absorption und vom Weiterfluss zum Duodenum abhängig. Während der Weiterfluss relativ konstant ist, wird die Konzentration maßgeblich durch die anderen Faktoren bestimmt. Die Konzentration an NH₃-N sagt somit nur etwas über das Verhältnis zwischen Produktion und Verwertung bzw. Absorption aus.

Im Probenentnahmezeitraum zeigten die NH₃-N-Konzentrationen im Pansensaft keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier Maishybriden (Abbildung 9, Anhang 15).

Die Maximalwerte wurden bei allen Gruppen zwischen 60 - 120 Minuten nach der Futterzuteilung erreicht. Die Tiere, die die Silage aus der Hybride *Byzance* erhielten, zeigten sowohl vor als auch die ersten 300 Minuten nach der Fütterung die höchsten Ammoniakstickstoffwerte (höchster Wert: 18,6 mg/100 ml Pansensaft). Die Fütterung von Maissilage aus *Avenir* führte zum geringsten mittleren NH₃-N-Gehalt im Pansensaft mit einem Maximalwert von 12,6 mg/100 ml Pansensaft. Da der NH₃-N-Gehalt im Pansensaft sowohl aus Menge und Abbaubarkeit des verfütterten Proteins als auch aus dem NH₃-

4. Ergebnisse und Diskussion

Verbrauch für die mikrobielle Proteinsynthese und somit der Verfügbarkeit von Energie im Pansen resultiert, lässt sich ein Zusammenhang zu den ermittelten in sacco-Abbaubarkeiten nicht herstellen.

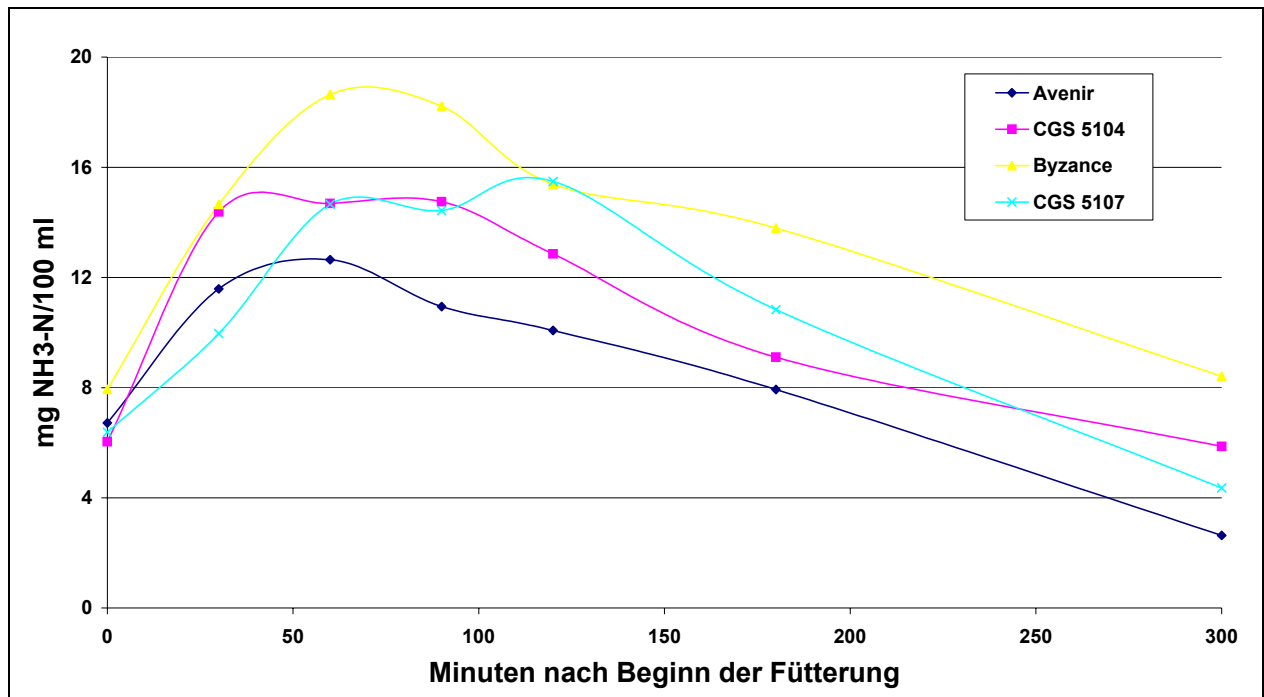


Abbildung 9: NH₃-N-Konzentrationen im Pansen der fistulierten Kühe während der ersten 5 Stunden nach Fütterungsbeginn (n=4)

Lediglich der geringe NH₃-N-Gehalt beim Einsatz der Maissilage *Avenir* könnte mit deren hohem T-Abbau, d.h. der potentiell hohen mikrobiellen Proteinsynthese, in Beziehung gebracht werden. Die NH₃-N-Konzentration lag nur beim Einsatz von *Avenir* gegen Ende des Probennahmezeitraumes unter der von SATTER und ROFFLER (1975) sowie SLYTER et al. (1979) für die mikrobielle Proteinsynthese angegebenen benötigten Minimalmenge von 5 mg/100 ml Pansensaft.

4.4.3 Energiegehalte der Maissilagen

Die Verdaulichkeiten der im vorliegenden Versuch eingesetzten Maissilagen wurden von ETTLE und SCHWARZ (2001- pers. Mitteilung) im Hammelversuch bestimmt (Anhang 13). Aus diesen Verdaulichkeiten und den selbst ermittelten Gehalten an Rohnährstoffen für die verfütterten Maissilagen (Tabelle 9) errechneten sich nach GfE (2001) die in Tabelle 21 zusammengestellten Energiegehalte in den Maissilagen bzw. Energieaufnahmen der Tiere.

Tabelle 21: Energiegehalte der Maissilagen

Hybriden	Avenir	CGS5104	Byzance	CGS5107
Energiegehalte der Maissilagen (MJ / kg T)*				
ME	11,64	11,08	11,17	11,07
NEL	7,17	6,73	6,78	6,74

*errechnet nach den Formeln der GfE (2001) u. Verdaulichkeiten v. ETTLE u. SCHWARZ (2001, pers. Mitt.)

Die von ETTLE und SCHWARZ (2001- pers. Mitteilung) ermittelten Verdaulichkeiten für Trockensubstanz, organische Substanz, Rohfaser und Rohfett waren bei allen vier Maissilagehybriden (Anhang 13), verglichen mit Tabellen- und Literaturwerten (DLG 1997, DAENICKE et al. 1999, JOCHMANN 1998), als extrem hoch einzustufen.

Bei der Hybride *Avenir* lag die Gesamtverdaulichkeit (T) mit 80% noch über denen der Silagen aus *Byzance*, *CGS5104* und *CGS5107* mit 74%, 76% und 76%. Die Rohfaserverdaulichkeit zeigte zwischen *Avenir* mit 71% und dem *Byzance* mit 62% einen Unterschied von fast 10 Prozentpunkten, während *CGS5104* und *CGS5107* mit 64% bzw. 65% sich kaum unterschieden. Nach SCHLAGHECK et al. (2000) und SCHWARZ und ETTLE (2000) ist die Verdaulichkeit von Silomais von ihrer chemischen Zusammensetzung und den prozentualen Anteilen der einzelnen Pflanzenfraktionen abhängig. HEPTING (1992) fand, dass z.B. sorten-spezifische Unterschiede allein im Spindelanteil des Kolbens 5 - 10 % betragen können. Trotzdem sind die Unterschiede in der Verdaulichkeit (organische Substanz und Rohfaser) bei gleichem Trockenmassegehalt zum Erntezeitpunkt zwischen verschiedenen Sorten nach SCHWARZ und ETTLE (2000) eher gering, vor allem bei höheren T-Gehalten der Ganzpflanzen von 35 - 40%. Viele Autoren vertreten die Meinung, dass der Anteil an

4. Ergebnisse und Diskussion

Gerüstsubstanzen in den Maispflanzen ausschlaggebend für die Verdaulichkeit und somit für den Futterwert ist. Dieser ist nach WERMKE (1985) überwiegend genetisch bedingt und lässt demzufolge eine züchterische Bearbeitung zur Verbesserung der Verdaulichkeit zu. WERMKE (1985) beschrieben eine negative Korrelation ($r=-0,951$ bis $-0,997$) zwischen der Verdaulichkeit und dem Gerüstsubstanzengehalt bei verschiedenen Silomaisorten. Dieses Phänomen war bei der Hybride *Avenir* jedoch nicht zu finden. Sie wies mit Abstand die höchste Verdaulichkeit der Maissilage, aber auch den höchsten Gehalt an Gerüstsubstanzen auf (Tabelle 11), *CGS5107* wies dagegen die zweithöchste Verdaulichkeit und den geringsten Gehalt an Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) auf. GIVENS und DEAVILLE (2001) beobachteten im Gegensatz zu RUSSEL (1986) eine bis zu einem NDF-Gehalt der Ganzpflanzen von 55% steigende NDF-Verdaulichkeit mit steigendem NDF-Gehalt. Dies lässt sich mit dem relativ hohen NDF-Gehalt von z.T. über 60% bei Silagen aus sehr jungen Maispflanzen mit einem T-Gehalt zwischen 15% und 20% erklären. Mit steigendem T-Gehalt, bis zu etwa 33% nimmt der Stärkegehalt stark zu und der NDF-Gehalt ab. Erst bei höheren T-Gehalten (mit denen Silomais üblicherweise geerntet wird) und relativ konstantem Kolben : Restpflanzen-Verhältnis steigt der NDF-Gehalt mit weiterer Ausreife an und die NDF-Verdaulichkeit sinkt. RUSSEL (1986) betrachtete lediglich Restpflanzen bei einem T-Gehalt der Maispflanze zum Zeitpunkt der Silierung von 35% und erklärte ihre abnehmende Verdaulichkeit im Laufe des Vegetationsprozesses mit einer Zunahme der NDF-Fraktion und der Lignifizierung in den Zellwänden bei einer gleichzeitigen Abnahme des Gehaltes an wasserlöslichen Kohlenhydraten. Die vier untersuchten Maissilagen in vorliegender Arbeit wurden bei einem einheitlichen T-Gehalt von 35,1% - 36,5% (Abbildung 1) geerntet und wiesen zu dem jeweiligen Zeitpunkt große Unterschiede hinsichtlich des Kolbenanteils auf (Abbildung 1), die sich aber nicht unbedingt in der Verdaulichkeit der Ganzpflanzenmaissilage widerspiegelten. Die Hybride *Avenir* besaß mit 81% (Anhang 13) auch die signifikant höchste Verdaulichkeit der organischen Substanz (ETTLE und SCHWARZ, pers. Mitteilung 2001) und mit 59% den höchsten Kolbenanteil der Hybriden, die Hybride *Byzance* wies jedoch trotz eines Kolbenanteils, der mit 57% über denen der Hybriden *CGS5104* (53%) und *CGS5107* (55%) lag, die geringste Verdaulichkeit (75%) auf. So beschrieb auch PEX (1993), dass ein höherer Energiegehalt der Maispflanze nicht unbedingt mit einem höheren Kolbenanteil einhergehen muss. Vergleicht man die effektiven

4. Ergebnisse und Diskussion

Abbaubarkeiten aus den in sacco-Versuchen (Abbildung 5, Abbildung 7) mit den ermittelten Verdaulichkeiten (ETTLE und SCHWARZ, pers. Mitteilung 2001, Anhang 13), so war die Reihung nahezu gleich. Die mit Abstand höchste Verdaulichkeit der Hybride *Avenir* ging mit der höchsten effektiven Abbaubarkeit im Pansen einher, bei den anderen drei Maishybriden zeigten sich hinsichtlich der Verdaulichkeit keine großen Unterschiede, die durch die ruminale Abbaubarkeit erklärt werden könnten. HUNT et al. (1993) beschrieben ebenfalls eine höhere Trockensubstanz-Verdaulichkeit, die mit einer höheren ruminale T-Abbaubarkeit einherging und assoziierten eine höhere T-Verdaulichkeit mit einem geringen Faser- und Aschegehalt in der Maissilage. DEINUM (1988) sah die Zellwandabbaubarkeit der Ganzpflanze als wichtigsten Einflussfaktor auf die Höhe der Verdaulichkeit und erklärte, dass Ganzpflanzen mit geringerem Faser- und höherem Kolbenanteil nicht unbedingt eine hohe ruminale Abbaubarkeit aufwiesen. So lag auch die T-Abbaubarkeit der Silage aus *Byzance* zwischen den von *CGS5104* und *CGS5107* (Abbildung 5), obwohl ihr Kolbenanteil mit 57% höher als bei den Hybriden *CGS5104* und *CGS5107* (53 bzw. 55%) lag (Abbildung 1). Bei *Avenir* ging dagegen ein hoher Kolbenanteil (59%) mit einer hohen Abbaubarkeit der T (Abbildung 5) einher.

Die Energiegehalte der Maissilagen zeigten, dass sich auch hier die Hybride *Avenir* mit 7,2 MJ NEL/kg T deutlich von den anderen Hybriden unterschied, die alle bei 6,7 MJ NEL/kg T lagen. GRUBER et al. (1983) erläuterten, dass der Energiegehalt der Pflanze vom Kolbenanteil und vom Vegetationsstadium der Restpflanze abhängig ist und dass im Laufe der Vegetation der Kolbenanteil zu, aber der Futterwert der Restpflanze abnimmt. Die Hybride *Avenir* wies - verglichen mit den anderen drei Hybriden - den höchsten Kolbenanteil auf, so dass ein höherer Energiegehalt der Silage *Avenir* erklärbar wäre. Trotzdem erscheint ein Wert von über 7 MJ als extrem hoch. JOCHMANN (1999) ermittelte NEL-Gehalte zwischen 5,9 und 6,1 MJ NEL/kg T für Maissilage, DAENICKE et al. (1999) berechneten Energiegehalten von 6,5 NEL MJ/kg T. Nach Aussagen von HERTER et al. (1996) sind im Durchschnitt 6,5 MJ NEL/kg T als Merkmal für qualitativ gute Maissilagen anzusehen. In der DLG-Futterwerttabelle (1997) sind NEL-Werte bis höchstens 6,7 MJ für Maissilagen bei Ende der Teigreife aufgeführt, diese Energiewerte sind vergleichbar mit denen der untersuchten Maissilagen aus *CGS5104*, *Byzance* und *CGS5107* (Tabelle 21). Auch hier sind

4. Ergebnisse und Diskussion

die hohen Verdaulichkeiten der Maissilagen aus den Hammelversuchen (ETTLE 2001), die mit in die Berechnung der Energiegehalte einbezogen werden, für die hohen NEL-Werte der vier Hybriden als Erklärung heranzuziehen.

4.4.4 Nährstofffluss am Dünndarm

Der gemessene Nährstofffluss am proximalen Duodenum der Versuchstiere ist in Tabelle 22 aufgeführt. Der Fluss an organischer Substanz betrug im Mittel der vier Gruppen 7,9 kg/Tag bzw. 59% der aufgenommenen Menge an organischer Substanz. Die Spannen für den Fluss an Trockensubstanz und organischer Substanz bezogen auf die Aufnahme, bewegten sich zwischen 64,9% - 70,2% bzw. 57,7% - 62,9%. Allerdings bestanden bei den Parametern Fluss an Trockensubstanz, organischer Substanz und ADF bei der Anwendung der PROC GLM, die den Faktor Tier mit beinhaltet, signifikante tierindividuelle Unterschiede, die z.T. ausgeprägter waren als die Einflüsse der Hybriden. Mittels PROC MIXED (SAS-Programm) wurde versucht, die Ergebnisse um den tierindividuellen Effekt zu korrigieren, um Hybrideneffekte besser nachweisen zu können. Anhand dieses Modells konnte der Tiereffekt nur für die beiden Parameter „Trockensubstanz“ und „Stärke“ eliminiert und somit korrigierte Werte in Tabelle 22 angegeben werden, die jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Hybriden aufwiesen. Wenn im PROC MIXED-Verfahren Schätzwerte der Varianzkomponenten Null oder negativ sind, führt PROC MIXED die Varianzanalyse ohne diese Terme (Tierfaktor) durch, d.h. das Modell wird verändert, somit waren für die übrigen Parameter keine Korrekturen möglich.

Der T- bzw. OS-Fluss am Duodenum bezogen auf die Zufuhr lag bei der Gruppe, die die Maissilage *CGS5104* verzehrte, mit 65% bzw. 58% tendenziell am niedrigsten und bei Verfütterung von *CGS5107* mit 70% bzw. 63% am höchsten.

JOCHMANN (1999) beschrieb duodenale Trockensubstanzflüsse von 61% - 64% der T-Aufnahme beim Einsatz von Maissilagen unterschiedlicher Reife. Verglichen mit den vorliegenden T-Flüssen lagen diese Werte an der unteren Grenze. In einer Untersuchung von LOOSE (1999) lag der duodenale T-Fluss mit 63% bis 67% im gleichen Bereich. Der Fluss an Rohprotein belief sich zwischen 2,79 kg als niedrigstem Wert bei *Byzance* und mit 3,06 kg als höchstem Wert bei *Avenir*.

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 22: Nährstofffluss am proximalen Duodenum von fistulierten Milchkühen (n=4), bei Fütterung von Rationen mit vier verschiedenen Maissilagen

Parameter	Avenir	CGS5104	Byzance	CGS5107	\bar{x}
Fluss je Tag					
T (kg)	9,10 ±0,71	9,20 ±0,38	8,98 ±0,84	9,58 ±1,16	9,21
OS (kg)	7,96 ±0,49	7,79 ±0,52	7,62 ±0,85	8,19 ±1,2	7,89
XP (g)	3061 ±150	3003 ±262	2789 ±373	2798 ±325	2913
Stärke (g)	983,8 ±272,5	1169,8 ±278,7	1000,5 ±210,0	1212,8 ±399,3	1091,7
NDF (g)	2169 ±374	2215 ±519	2284 ±479	2699 ±827	2342
ADF (g)	1124 ±208	1168 ±324,1	1240 ±269	1431 ±348	1241
Lignin (g)	176,8 ±16,4	188,3 ±34,7	209,5 ±27,9	213,8 ±30,5	197,1
Fluss in % der Aufnahme					
T	66,1 ^{ab} ±4,0	64,9 ^b ±2,7	66,0 ^{ab} ±1,8	70,2 ^a ±6,8	66,8
(korr.Wert)*	67,5	66,4	67,4	71,7	68,3
OS	58,7 ^{ab} ±3,2	57,7 ^b ±3,9	58,6 ^{ab} ±2,6	62,9 ^a ±7,6	59,5
XP	136,8 ^a ±6,7	131,1 ^a ±12,0	126,0 ^a ±12,1	125,0 ^a ±16,6	129,7
Stärke	18,9 ^a ±4,8	22,5 ^a ±5,4	19,7 ^a ±2,9	23,2 ^a ±7,1	21,1
(korr.Wert)*	20,8	24,5	21,6	25,1	23,0
NDF	57,4 ^a ±13,2	53,3 ^a ±12,8	60,2 ^a ±10,6	68,4 ^a ±22,6	59,8
ADF	59,2 ^{ab} ±15,0	53,5 ^b ±17,7	61,3 ^{ab} ±11,4	71,0 ^a ±19,7	61,3
Lignin	82,2 ^{ab} ±13,6	68,0 ^b ±12,9	83,6 ^a ±9,32	86,2 ^a ±14,0	80,0
„Ruminale Verdaulichkeit“ in % der Aufnahme					
T	33,9 ±4,0	35,1 ±2,7	34,0 ±1,8	29,8 ±6,8	33,2
OS	41,3 ±3,2	42,3 ±3,9	41,4 ±2,6	37,1 ±7,6	40,5
XP	-36,8 ±6,7	-31,1 ±12,0	-26,0 ±12,14	-25,0 ±16,6	-29,7
Stärke	81,1 ±4,8	77,5 ±5,4	80,3 ±2,9	76,8 ±7,1	78,9
NDF	42,6 ±13,2	46,7 ±12,8	39,8 ±10,6	31,6 ±22,6	40,2
ADF	40,8 ±15,0	46,5 ±17,7	38,7 ±11,4	29,0 ±19,7	38,8
Lignin	17,8 ±13,6	32,0 ±12,9	16,4 ±9,32	13,8 ±14,0	20,0

(a/b) unterschiedliche Buchstaben in einer Reihe =(P<0,05)

*um tierindividuelle Effekte korrigiert (PROC MIXED)

4. Ergebnisse und Diskussion

Der Stärkefluss am proximalen Duodenum zeigte bei den vier Hybriden eine Spanne von 0,98 kg bei *Avenir* bis 1,21 kg/Tag bei *CGS5107*, was 18,9% bzw. 23,2% der täglich aufgenommenen Stärke entspricht. Die Hybriden *Byzance* und *CGS5104* lagen mit 19,7% und 22,5% der aufgenommenen Stärkemenge dazwischen. Diese Werte entsprechen den Angaben von JOCHMANN (1999), hier bewegten sich die Prozentangaben der am Duodenum wiedergefundenen Stärke um 18%. Die daraus errechnete ruminale Abbaubarkeit der Stärke lag bei Maissilagefütterung somit zwischen 77% und 82%, wobei jedoch in der vorliegenden Arbeit ein großer Teil (57%) der Stärke aus dem Kraftfutter stammte. Die Kraftfutteraufnahme und somit die Stärkeaufnahme aus dem Kraftfutter war aber bei allen Fütterungsvarianten gleich, so dass die allerdings nicht signifikanten geringen Unterschiede in der duodenalen Stärkeanflutung auf die jeweilige Maissilagehybride zurückgeführt werden können.

JOY et al. (1997) ermittelten, dass von einer Ration aus Körnermais und Luzerneheu nur 27% bis 45% der aufgenommenen Stärke ruminal abgebaut wurden. Auch LOOSE (1999) beobachtete bei Fütterung von Körnermais und Grassilage ruminale Stärkeabbaubarkeiten von lediglich 48% - 53%. Ebenso betrug der ruminale Stärkeabbau bei BRANDT et al. (1986) nach Einsatz von 3,9 kg Stärke aus Körnermais nur 52%. Beim Vergleich der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit und denen von JOCHMANN (1999) mit Maissilage mit den Ergebnissen nach Einsatz von Körnermais werden die Unterschiede in der Höhe des ruminalen Abbaus zwischen Stärke aus Maissilage und Stärke aus Körnermais ersichtlich.

Außerdem ist in Tabelle 22 die ruminale Verdaulichkeit der Zellwandkomponenten aufgeführt. NDF, ADF und Lignin sind bei *CGS5104* mit 47%, 4% und 32% am stärksten im Pansen verdaut worden. Den mit Abstand geringsten ruminalen Abbau der Faseranteile erfuhr *CGS5107* mit 32% bei NDF, 29% bei ADF und 14% bei ADL. Trotz der Unterschiede in der Abbaubarkeit der Zellwandbestandteile um bis zu 18 Prozentpunkte zwischen *CGS5104* und *CGS5107* lag die Verdaulichkeit der Stärke im Pansen einheitlich bei 77%. Das bedeutet, dass hier kein Zusammenhang bestand.

SUTTON et al. (2000) beschrieben in Übereinstimmung mit vorliegenden Ergebnissen einen sinkenden ruminalen NDF-Abbau, unter gleichen Versuchsbedingungen wie in vorliegender Arbeit, bei steigendem Stärkegehalt in der verfütterten Maissilage. *CGS5104* mit dem höchsten NDF-Abbau enthielt mit 36% in der T die geringste Menge an Stärke, wohingegen

4. Ergebnisse und Diskussion

CGS5107 mit einem NDF-Abbau von nur 32% mit 39% in der T den höchsten Stärkegehalt aufwies. Dies kann vor allem durch die mit zunehmender Ausreifung abnehmende NDF-Abbaubarkeit bei gleichzeitig zunehmendem Stärkegehalt erklärt werden und nicht durch den Einfluss der Stärkezufuhr auf die Pansenfermentation, da die zugeführte Stärkemenge in allen vier Varianten identisch war (Tabelle 18). Bei den Parametern Trockensubstanz, organische Substanz und Lignin bestanden zwischen den Silagen aus *CGS5104* und *CGS5107* statistisch zu sichernde Unterschiede ($p < 0,05$), die Unterschiede zwischen den übrigen Hybriden konnten statistisch nicht abgesichert werden.

Vergleicht man die Ergebnisse über den ruminalen Abbau aus dem in vivo-Versuch mit den ruminalen Abbaubarkeiten aus dem in sacco-Versuch (Abbildung 4 und 5), so weicht die Reihung der vier Maishybriden stark voneinander ab. Bei dem ruminalen Abbau der Trockensubstanz im in sacco-Versuch wies die Hybride *Avenir* für alle Passageraten die höchste effektive Abbaubarkeit von den vier Maishybriden auf, gefolgt von *CGS5107*. Im in vivo-Versuch ist die T von *Avenir* mit 34% zwar besser abbaubar als die von *CGS5107* mit 30%, bei beiden Hybriden lag die ruminale T-Verdaulichkeit jedoch nicht über den Abbaubarkeiten von *Byzance* (34%) und *CGS5104* (35%). *CGS5104* wies trotz höchster ruminaler Verdaulichkeit in vivo in sacco die mit Abstand geringste T-Abbaubarkeit auf. Die Abbauwerte in sacco (Abbildung 5) ließen somit keine Schlüsse auf die rumianale T-Verdaulichkeit in vivo zu. Da Stärke und Trockensubstanz jedoch in der Ration vorwiegend aus dem Kraftfutter stammten, ist ein Vergleich der absoluten in vivo ermittelten Abbauwerte mit den in sacco bestimmten Abbaubarkeiten für die Silagen nicht sinnvoll. Etwas anders sieht dies für die NDF aus, da sie zu ca. 70% aus der Silage stammte. Größenordnungsmäßig entsprechen die in vivo-Werte etwa den effektiven Abbaubarkeiten im Nylon-Bag-Versuch (Abbildung 7) bei Annahme einer Passagerate von 4%/h (33% - 42% Abbau). Auch für die NDF-Abbaubarkeit ergab sich jedoch in sacco eine andere Reihung als in vivo. Während z.B. *CGS5107* in vivo mit 32% einen um 8 bzw. 15 Prozentpunkte geringeren NDF-Abbau als *Byzance* bzw. *CGS5104* aufwies (Tabelle 22), lag sie in sacco bei $k = 4\%/h$ um 9 bzw. 6 Prozentpunkte über *Byzance* und *CGS5104* (Abbildung 7). Die in vivo ermittelte ruminale Verdaulichkeit von NDF lag im Gegensatz zu der in vivo ruminalen Verdaulichkeit der Trockensubstanz im Mittel um 3 Prozentpunkte über denen der effektiven Abbaubarkeit im in sacco-Versuch bei $k = 4\%/h$, jedoch war auch hier die Reihung der Maissilagen nicht identisch.

4. Ergebnisse und Diskussion

CGS5107 wies in vivo mit über 15 Prozentpunkten Abstand gegenüber *CGS5104*, die mit 47% am höchsten verdaut wurde, den geringsten Abbau der NDF auf, während sie in sacco bei $k=4\%/h$ um 6 Prozentpunkte stärker abgebaut wurde als *CGS5104*. Die ADF und ADL-Abbauwerte des in vivo-Versuchs zeigten unter den gleichen in vivo Bedingungen die gleiche Reihung wie die ruminale NDF-Abbaubarkeit. Zwischen *CGS5107* und *CGS5104* bestanden in vivo signifikante Differenzen (Tabelle 22). Da die Stärke aus dem Kraftfutter im in vivo-Versuch bei allen vier Varianten identisch war, können Unterschiede im Stärkeabbau, der Stärke aus den Maissilagen zugeordnet werden. D.h. die Stärke aus *CGS5107* wurde ruminal am wenigsten und die aus *Avenir* am stärksten abgebaut. Die Differenz betrug 4 Prozentpunkte. Da in den in sacco-Proben aufgrund von Materialmangel keine Stärkeabbaubarkeit bestimmt werden konnte, ist ein Vergleich des ruminalen Stärkeabbaus im in vivo-Versuch nur mit dem in sacco-Trockensubstanzabbau der Körner möglich, da diese die Hauptstärkequelle darstellten. Bei einer angenommenen Passagerate von $k=8\%/h$ wurde die Stärke von *CGS5107* in sacco am stärksten abgebaut und die von *Avenir* am wenigsten. Die Differenz betrug 11 Prozentpunkte. Die in sacco Werte wichen somit bezüglich der Reihung der Abbaubarkeit stark von den in vivo-ermittelten Ergebnissen ab. STERN und BACH (1997) verglichen verschiedene in vitro und in situ Methoden mit den absoluten Werten aus in vivo-Versuchen und beschrieben ebenfalls große Differenzen, die einen direkten Vergleich dieser Methoden nicht zuließen.

4.4.5 Nichtammoniak-N und Mikrobenprotein am Duodenum

Die mittlere Menge an NAN / MJ ME betrug bei allen vier Rationen $2,50 \text{ g} \pm 0,12 \text{ NAN/MJ ME}$.

Tabelle 23 zeigt eine Übersicht der Stickstoffaufnahme und des Stickstoffflusses sowie den Anteil von Nichtammoniakstickstoff (NAN).

Der Rohproteinfluss am proximalen Duodenum überstieg in allen vier Varianten die aufgenommene XP-Menge um 25% - 36% (Tabelle 23). Die Ration mit Silage aus *Avenir* wies dabei am proximalen Duodenum mit 137% der Aufnahme an Rohprotein den höchsten Wert auf, gefolgt von Hybride *CGS5104* mit 31 Prozent über der XP-Aufnahme (Tabelle 22).

4. Ergebnisse und Diskussion

Bei den Rationen mit Maissilage aus *CGS5107* und *Byzance* überstiegen die XP-Flüsse am Duodenum die aufgenommene Rohproteinmenge dagegen nur um 26% und 25%.

Tabelle 23: Angaben über den Fluss an Gesamt-N und Nichtammoniak-N (NAN) am Dünndarm

Parameter	Avenir	CGS5104	Byzance	CGS5107
N-Aufnahme (g / d / Tier)	358,2 ±8,6	366,6 ± 3,0	353,3 ± 21,4	359,0 ±11,8
N am Duodenum (g / d / Tier)	489,8 ±24,0	480,5 ±41,8	446,2 ±59,7	447,7 ±52,0
N (% der Aufnahme)	137 ±7	131 ±12	126 ±12	125 ±17
NAN am Duodenum (g / d)	464,3 ±22,8	455,4 ±39,7	423,0 ±56,6	424,4 ±49,3
NAN/MJ ME (g)	2,64 ±0,16	2,56 ±0,22	2,42 ±0,25	2,37 ±0,30

In Versuchen wie den vorliegenden, in denen keine extrem zusammengesetzten Rationen verfüttert wurden, kann für die Anteile an $\text{NH}_3\text{-N}$ am Gesamt-N im Duodenalchymus ein relativ konstanter Wert von $5,2 \pm 1,8$ % angenommen werden (SCHAFFT 1983, ENGLING 1988 und KRASTANOVA 1993). Aus der Differenz zwischen Gesamt-N und $\text{NH}_3\text{-N}$ konnte der Fluss an Nichtammoniak-N (NAN) ermittelt werden.

Der am proximalen Duodenum ermittelte Anteil Mikrobenstickstoff am Nicht-Ammoniak-Stickstoff ist in Tabelle 24 dargestellt und liegt mit Werten zwischen 75% und 79% im oberen Bereich der von LEBZIEN und PAUL (1997) für eine Vielzahl von Rationen bestimmten Werte.

Avenir und *CGS5104*, die mit 3,06 kg/Tag bzw. 3,00 kg/Tag (Tabelle 22) zu den höchsten Rohproteinflüssen am Duodenum führten, zeigten den niedrigsten Anteil an mikrobiellem Stickstoff am Nicht-Ammoniak-Stickstoff (Tabelle 24). Die Rationen mit *Byzance* und *CGS5107*, die eine niedrigere duodenale Rohproteinanflutung aufwiesen, hatten einen mikrobiellen N-Anteil von ca. 79%. Angaben von LOOSE (1999) und JOCHMANN (1999) liegen mit 71% - 72% unter den Werten der vorliegenden Arbeit. Die Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese (g MN/MJ ME) war mit Werten zwischen 1,94 - 2,02 in den vier Varianten relativ konstant. Der Mittelwert für alle sich im Versuch befindlichen Maissilagehybriden betrug 1,98 g MN/MJ ME und lag somit um 0,3 g MN/MJ ME höher als

4. Ergebnisse und Diskussion

der von LEBZIEN (1997) aus verschiedenen Versuchen abgeleitete Mittelwert von 1,64 g MN/MJ ME. LOOSE (1999) ermittelte für vier verschiedene Rationen einen Mittelwert von 1,50 g MN/MJ ME, während JOCHMANN (1999) als Mittel bei Maissilagefütterung einen Wert von 1,80 g MN/MJ ME errechnete.

Tabelle 24: Anteil des mikrobiellen Stickstoffs (MN) am Nicht-Ammoniak-Stickstoff (NAN) und Effizienz der mikrobiellen Protein-N-Synthese bei den fistulierten Milchkühen (n=4)

Maissilagen aus	Avenir	CGS5104	Byzance	CGS5107
MN(in % d NAN)	75,2 ±10,1	75,5 ±9,9	79,1 ±9,0	79,1 ±9,6
MN (g/d)	350,5 ±60,7	346,1 ±74,3	333,8 ±53,3	336,2 ±59,9
FOS (kg/d) ¹⁾	9,56 ±0,94	9,79 ±1,40	9,29 ±0,69	8,77 ±1,24
FOS in % der OS-Aufnahme	72,8 ±4,4	72,5 ±10,3	71,9 ±6,8	67,8 ±12,2
DOS (kg/d)	11,53 ±1,00	11,50 ±0,12	11,31 ±0,80	11,10 ±0,61
MN / ME (g/MJ) ²⁾	1,99 ±0,3	1,95 ±0,4	1,92 ±0,3	2,02 ±0,5
MN / FOS (g/kg)	36,5 ±4,0	35,1 ±2,3	35,8 ±3,1	38,4 ±4,7
MN / DOS (g/kg)	30,4 ±4,0	30,1 ±6,3	29,5 ±4,5	30,6 ±6,9
Endogener N (g/d) ³⁾	32,7 ±2,56	33,1 ±1,35	32,3 ±3,03	34,5 ±4,1
nXP (g/d) ⁴⁾	2697 ±13	2639 ±26	2442 ±34	2437 ±31

- 1) FOS (in den Vormägen fermentierte OS) = OS-Aufnahme – (OS am Dünndarm-Mikroben OS), wobei Mikroben OS = 11,8 * Mikroben N
- 2) ME (MJ/kg T) ist Tabelle 19 zu entnehmen
- 3) Endogener N = 3,6 g/kg T am Duodenum
- 4) nXP = XP am Dünndarm – endogenes XP

Aus Literaturangaben ist bekannt, dass bei unphysiologisch hohen Anteilen von Kraftfutter (>70%) in der Ration insgesamt weniger Mikrobenprotein synthetisiert wird (OLDHAM et al. 1979, HAGEMEISTER et al. 1981). In den eigenen Versuchen lag der Kraftfutteranteil bei 56%, während er sich bei LOOSE (1999) auf 60% belief, was den Unterschied in der Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese jedoch nicht erklären kann. Nach ROBINSON et al. (1986) stimuliert auch eine höhere Futteraufnahme und damit Passagerate die Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese, während nach ROHR et al. (1986) das Ernährungsniveau und

4. Ergebnisse und Diskussion

die Fütterungsfrequenz aufgrund vieler Wechselwirkungen eher von geringer Bedeutung für den Umfang der mikrobiellen Proteinsynthese sind. Auch in den vorliegenden Untersuchungen war auf Grund geringer Differenzen in der Futteraufnahme zwischen den Maissilagegruppen kein Einfluss einer höheren Futteraufnahme auf die Syntheseleistung von Mikrobenprotein abzuleiten. Wurde die mikrobielle Proteinsynthese auf die Zufuhr an verdaulicher oder an fermentierbarer organischer Substanz bezogen, so war ebenfalls kein Unterschied zwischen den Rationen mit verschiedenen Maissilagen statistisch abzuschließen. Lediglich tendenziell scheint die Ration mit der geringsten Menge an fermentierbarer organischer Substanz (*CGS5107*) zur höchsten Menge an Mikrobenprotein je kg FOS geführt zu haben. Die FOS ist der „Energieförderer“ für die mikrobielle Proteinsynthese und besteht vorwiegend aus Kohlenhydraten und im geringeren Umfang aus Proteinen und Glycerin aus der Hydrolyse der Lipide (BLANK et al. 1998). So betrug die mikrobielle Synthese an Mikroben-N bezogen auf die FOS beim *CGS5107* 38,4 g MN/kg und bei *CGS5104*, *Avenir* und *Byzance* 35,1 g MN/kg - 36,5 g MN/kg. Diese Werte lagen um bis zu 8,4 g über denen aus verschiedenen Literaturquellen (LEBZIEN 1997, LOOSE 1999). Bei dem Parameter FOS in % der OS-Aufnahme (Tabelle 24) ließen sich zwischen den vier Maishybriden keine Differenzen statistisch absichern, jedoch war ein hoch signifikanter Tiereffekt auszumachen ($p < 0,001$), der den Einfluss der Sorte deutlich überstieg.

Die am proximalen Duodenum gemessene Rohproteinmenge setzt sich aus der Summe des nutzbaren Rohproteins und des endogenen Proteins zusammen. Vergleicht man die nXP-Werte, die aus der DLG-Futterwerttabelle (1997) für die Rationen kalkuliert worden sind (Tabelle 19) mit den nXP-Werten, die aus den Chymusflussmengen ermittelt wurden (Tabelle 24), so zeigte sich im Mittel eine um 140 g höhere nXP-Menge in vivo als zuvor eingeschätzt. Dieses entspricht einer geringfügigen Unterschätzung der theoretisch ermittelten Werte von durchschnittlichen 5,5% des nutzbaren Proteins.

4.5 VERGLEICHENDE DISKUSSION

Um zu überprüfen, inwieweit die erfassten Analysen- und Abbauwerte Rückschlüsse auf den ermittelten Futterwert (MJME/kg T bzw. g nXP/kg T) der Maissilagen *Avenir*, *CGS5104*, *Byzance* und *CGS5107* zulassen und ob die in sacco Methode überhaupt Rückschlüsse auf die in vivo Methode zulässt, wurden die wesentlichen Daten in Tabelle 25 noch einmal zusammenfassend dargestellt.

Es zeigte sich eine mit $r=0,85$ relativ enge positive Beziehung zwischen dem Kolbenanteil an der Gesamtpflanze und dem Energiegehalt. Der Kolbenanteil spiegelte sich jedoch nicht, wie erwartet werden könnte, im Stärkegehalt der Silagen wider, was durch eine Korrelation von $r=0,13$ zwischen Stärkegehalt und Energiegehalt zum Ausdruck kommt. Dieser Befund ist schwer zu interpretieren. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass der hohe Kolbenanteil mit dem geringsten Zuckergehalt in der Restpflanze einherging, weshalb bei der Silierung anstelle von Zucker aus der Restpflanze mehr Stärke verbraucht wurde, zumal diese Stärke in vivo auch am stärksten abbaubar war. Zwischen ME-Gehalt der Silage und in sacco-Abbaubarkeit der unsilierten Körner bestand eine enge negative Beziehung ($r= -0,91$). Ein positiver Einfluss größerer Mengen an Bypass-Stärke (MATTHÉ 2001) auf den ME-Gehalt scheidet aus, da bei der Ermittlung des angegebenen Energiegehalts die ruminale Abbaubarkeit unberücksichtigt blieb (ETTLE 2001). Der Stärkegehalt der unsilierten Körner (Tabelle 9) lässt keine Rückschlüsse auf den Energiegehalt der Silagen zu, zumal beide nicht zum gleichen Zeitpunkt geerntet worden sind. Für den in sacco-T-Abbau der Restpflanzen und Körner werden in Tabelle 25 die Abbauwerte des Erntedatums 29.09.98 aufgeführt, welches im Mittel den Ernteterminen der vier Maishybriden am ehesten entspricht. Die größten Unterschiede bezüglich der Erntezeitpunkte bestanden bei der Hybride *Avenir* (Erntedatum der Ganzpflanzen für die Silage: 10.09.98; Ernte der Körner: 29.09.98, Tabelle 3), so dass bei dieser Hybride eine Vergleichbarkeit der Silage mit den unsilierten Einfeldfraktionen Restpflanze und Körner am wenigsten erfolgen kann.

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 25: Übersicht der ermittelten Parameter zur Einschätzung des Futterwertes der vier Maishybriden

Hybriden	Futterwert		Kolben- anteil	Analysenwerte (in % der Trockensubstanz)				In sacco-Abbau (eff. Abbau, k=8%/h)				In vivo-Abbau (%)		
	MJME/kg T	g nXP/kg T		%	Stärke	XF	XP	NDF	G (siliert)*		RF (unsiliert)* *	K (unsiliert)* *	T	NDF
			T						NDF	T	T			
Avenir	11,64	196 ±0,01	59,4	37,5 ±0,2	20,9 ±0,1	7,7 ±0,1	41,6 ±2,3	68,4	30,5	34,0	65,6	33,9 ±4,0	42,6 ±13,2	81,1 ±4,8
CGS5104	11,08	186 ±0,02	52,9	35,8 ±1,2	22,4 ±0,4	7,9 ±0,4	41,1 ±0,8	65,9	30,3	39,9	74,9	35,1 ±2,7	46,7 ±12,8	77,5 ±5,4
Byzance	11,17	180 ±0,03	57,3	36,5 ±0,8	20,7 ±0,6	7,6 ±0,4	40,4 ±0,7	66,4	26,7	40,0	69,6	34,0 ±1,8	39,8 ±10,6	80,3 ±2,9
CGS5107	11,07	179 ±0,02	54,8	38,7 ±0,5	22,0 ±2,8	8,2 ±0,1	36,7 ±0,9	66,7	35,5	38,0	75,1	29,8 ±6,8	31,6 ±22,6	76,8 ±7,1

* Erntezeitpunkt Ganzpflanze (G): *Avenir* 10.09.98; *CGS5104* 30.09.98; *Byzance* 28.09.98; *CGS5107* 23.09.98

** Erntezeitpunkt Restpflanze (RF) und Körner (K): 29.09.98

4. Ergebnisse und Diskussion

Zwischen dem Rohfasergehalt in der Silage und dem Energiegehalt bestand mit $r = -0,61$, wie erwartet, eine negative Korrelation. Dagegen wies die Hybride *CGS5107* mit dem geringsten NDF-Gehalt und der höchsten NDF-Abbaubarkeit (in sacco) erstaunlicherweise auch den geringsten und die Hybride *Avenir* mit dem höchsten Gehalt an NDF und mittlerer in sacco-Abbaubarkeit der NDF den höchsten Energiegehalt auf. Zwar wich der in vivo ermittelte Wert für den NDF-Abbau von den in sacco ermittelten NDF-Abbauwerten ab, kann aber die Unterschiede im Energiegehalt ebenfalls nicht erklären. Ebenso wenig lässt sich die negative Korrelation von $r = -0,90$ zwischen der in sacco-Abbaubarkeit der Restpflanzen (Tabelle 25) und dem Energiegehalt der Maissilagen (Tabelle 25) begründen, da die Restpflanzen, die im Pansen nicht abgebaut werden, lediglich im Dickdarm noch in begrenztem Umfang mit geringer energetischer Effizienz für das Tier abgebaut werden können. Diese enge negative Korrelation besteht zudem für die Hybride *Avenir*. Lässt man diese Werte unberücksichtigt, so ergibt sich sogar eine positive Korrelation von $r = 0,61$. Dies zeigt, wie vorsichtig die hier dargestellten Korrelationen zu interpretieren sind.

Die in sacco ermittelten T-Abbauwerte für die Ganzpflanzensilagen zeigten dagegen mit einer Korrelation von $r = 0,94$ einen sehr engen Zusammenhang zum Futterwert (MJME/kg T). Die Hybride *Avenir*, die mit 11,64 MJME/kg T den höchsten energetischen Futterwert besaß, wies mit 68% ($k = 8\%/h$) auch den höchsten T-Abbau in sacco auf. Sollte sich dieser Zusammenhang in weiteren Versuchen betätigen, so ließe dieser eine bedingte Einschätzung des Futterwertes der Silage durch den in sacco-Abbau der T zu. Dabei ist jedoch auf eine strenge Standardisierung der in sacco-Methode zu achten.

Nur die in sacco-Abbaubarkeit der Ganzpflanzensilage und der Kolbenanteil der Maispflanze weisen somit eine sachlogisch nachvollziehbare positive Korrelation zum energetischen Futterwert der Silage auf. Allerdings zeigen sich bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse aus dem in vivo-Versuch mit denen des in sacco-Versuchs (Tabelle 25) starke Abweichungen hinsichtlich der Reihung der vier Maissilagen in der ruminalen Abbaubarkeit. Da im in vivo-Versuch (Krafftutter 56%, Grundfutter 44%) die Stärke bzw. die Trockensubstanz zum größten Teil aus dem Krafftutter stammt, welches in dem in sacco-Versuch nicht eingesetzt wurde, ist jedoch ein direkter Vergleich nur anhand der NDF-Abbaubarkeit sinnvoll. Die Hybride *CGS5107* zeigte z.B. die höchste effektive Abbaubarkeit ($k = 8\%/h$) von NDF (36%)

4. Ergebnisse und Diskussion

im in sacco-Versuch, wurde jedoch bei der in vivo-Studie mit im Mittel 32% am geringsten ruminal abgebaut. Genau entgegengesetzt verhielt sich die Abbaubarkeit der Hybride CGS5104, die im in sacco-Versuch ($k=8\%/h$) mit 30 % NDF-Abbaubarkeit um 5 Prozentpunkte weniger abgebaut wurde als die Hybride CGS5107, in dem in vivo-Versuch jedoch mit im Mittel 47% weit über den Werten der CGS5107-Hybride lag. Die hohen Streuungen im in vivo-Versuch bei gleichzeitig nur relativ geringen Unterschieden zwischen den Sorten deuten jedoch darauf hin, dass die tierindividuellen Unterschiede in der Abbaubarkeit größer sind als die Unterschiede zwischen den Sorten. Somit war es nicht möglich die Reihung, die sich aus den in sacco-Abbauversuchen ergab, durch die in vivo ermittelten Abbaubarkeiten zu bestätigen.

Somit ließ sich in Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Autoren (GREIFE et al. 1984, KRASTANOVA 1993, STERN und BACH 1997, JOCHMANN 1998, LOOSE 1999) die ruminale Abbaubarkeit der in sacco-Versuche nicht durch die in vivo-Versuche bestätigen. Dabei ist vor allem zu berücksichtigen, dass in vivo die Ration aus 44% Grundfutter (eine der vier Maissilagen) und 56% Kraftfutter bestand, während in dem in sacco-Versuch nur die jeweilige Maissilage im Nylonbeutel dem ruminalen Abbau bei konstanter Fütterung ausgesetzt wurde. Allerdings hatte das Kraftfutter in den vier Maissilagegruppen die gleiche Zusammensetzung bei vergleichbarer Futteraufnahme, so dass die erzielten Abbaudifferenzen in dem in vivo-Versuch auf die Silagen zurückgeführt werden können und somit die Reihung hinsichtlich der Abbaubarkeit aus dem in sacco- und in vivo-Versuch vergleichbarer sein müsste. Jedoch waren die Unterschiede in vivo relativ zu den tierindividuellen Differenzen zu gering. Zudem ist hier anzumerken, dass aus der in sacco-Abbaubarkeit verschiedener Nährstoffe nur eingeschränkt Aussagen über die ruminale Fermentierbarkeit der Futtermittel abgeleitet werden können, da die ruminale Durchmischung sowie die Kau- und Wiederkauaktivität unberücksichtigt bleiben und zum anderen die Mikrobenpopulation an die verfütterten Rationen und nicht an die inkubierten Futtermittel adaptiert ist. Werden Nylonbeutel mit Porengröße von weniger als 30 μm eingesetzt, so ist zudem im Beutel mit weniger Protozoen zu rechnen als im umgebenden Panseninhalt (MEYER und MACKIE 1986). Aus diesen Gründen sind die Informationen aus den Flussmengen am proximalen Duodenum als relevanter einzustufen als die in sacco-Daten. Auch wenn die absoluten in sacco-Abbauwerte aus den genannten Gründen nicht auf die in

4. Ergebnisse und Diskussion

vivo-Verhältnisse zu übertragen sind, so bleibt vorerst die in sacco-Methode die Methode der Wahl, wenn es gilt einen ersten Eindruck **über die Dynamik** des Abbaus verschiedener Futtermittel bzw. Behandlungen von Futtermitteln zu bekommen.

Eine der Ausgangsfragen der vorliegenden Arbeit war, ob die in sacco-T-Abbaubarkeiten der Körner von vier verschiedenen Maishybriden, die als besonders niedrig (*CGS5104* und *CGS5107*) und als besonders hoch (*Avenir* und *Byzance*) einzustufen waren (LOOSE 1999), auch eine Bewertung der aus diesen Hybriden hergestellten Maissilagen zulässt.

Zunächst war festzustellen, dass die T-Abbaubarkeiten der Körner der vier gleichen Hybriden im in sacco-Versuch bei LOOSE (1999), HRIC et al. (2000), ETTLE (2001) bzw. in der vorliegenden Arbeit hohe Differenzen aufwiesen (Tabelle 17). Allerdings blieb die Reihung hinsichtlich der in sacco-Abbaubarkeit, (s. 4.3.2.2.), bei den Körnern aus dem Erntejahr 1998 (HRIC 2000, ETTLE 2001, vorliegende Arbeit) annähernd gleich, wobei die Hybride *Avenir* in den drei Versuchsansätzen am geringsten abgebaut wurde. Anders war die Reihung bei LOOSE (1999), die die Körner der vier Hybriden (in einem reiferen Zustand) aus dem Anbaujahr 1996 testete. Bei ihr zeigten die Hybriden *CGS5104* und *CGS5107* den geringsten Abbau. Hieraus lässt sich schließen, dass das Anbaujahr einen starken Einfluss auf die in sacco erfassbare ruminale Abbaubarkeit der Körner besitzt, so dass sortenspezifische Unterschiede nur für das jeweilige Anbaujahr definiert werden können, und dass mit steigendem Reifegrad die Abbaubarkeit verringert wird (HRIC 2000, ETTLE 2001, vorliegende Arbeit). Aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit geht zudem hervor, dass eine hohe in sacco Abbaubarkeit der unsilierten Körner bei niedrigem Kolbenanteil mit einer geringeren Abbaubarkeit der produzierten Silagen und damit geringerem Energiewert der Silage einhergeht. Dieser Zusammenhang war bei den silierten Körnern (ETTLE 2001) gering, was vermuten lässt, dass der negative Effekt einer hohen Abbaubarkeit der Körner mit Verlusten im Silo zu tun hat. Wie unter Punkt 4.3. beschrieben und Tabelle 25 zu entnehmen, zeigte die Hybride *Avenir* die geringste in sacco ermittelte ruminale Abbaubarkeit der unsilierten Körner, die höchste ruminale Abbaubarkeit (in sacco) und den höchsten Energiewert der Ganzpflanzensilage. Die geringe Abbaubarkeit der Körner ist auf die frühe Abreife der Hybride zurückzuführen, wodurch die physiologische Reife der Körner bei der Ernte bei *Avenir* am weitesten fortgeschritten war (s. Erntezeitpunkte, Tabelle 25). Im in vivo-

4. Ergebnisse und Diskussion

Versuch hob sich dagegen die Hybride *Avenir* hinsichtlich der erfassten Parameter nicht von den anderen Hybriden ab. In vivo wich die Hybride *CGS5107* am stärksten ab, allerdings bei einer deutlich höheren Standardabweichung als bei den anderen Hybriden.

ETTLE (2001) führte mit den vier Maissilagen, die sich von den eigenen Untersuchungen nur hinsichtlich der Siloart (Fahrsilo gegenüber Big Bag) unterschieden, Fütterungsversuche an jeweils 18 Milchkühen mit durchschnittlicher Milchleistung von 27,5 kg/d durch. Die Maissilagen wurden ad libitum angeboten und nach Leistung mit einem ausgeglichenen Milchleistungsfutter ergänzt. Die Grundfutteraufnahme der Kühe, die jeweils eine der vier Maissilagen erhielten, betrug 11,6 kg T/d *Avenir*, 12,3 kg T/d *CGS5104* und 12,8 kg T/d *Byzance* bzw. 12,2 kg T *CGS5107*. Entsprechend den geringen Differenzen in den Nährstoffaufnahmen zeigten sich kaum Unterschiede hinsichtlich der Leistungskriterien. Allerdings hatten die Kühe, denen die Maissilage *Avenir* vorgelegt wurde, trotz der etwas geringeren Futteraufnahme keine schlechtere Milchleistung als die Tiere der Vergleichsgruppen (ETTLE 2001), was durch die hohe Verdaulichkeit (Anhang 13) bzw. die höhere Energiekonzentration der Maissilage *Avenir*, die etwa 0,5 MJ NEL/kg T über derjenigen der anderen Hybriden lag (Tabelle 21), erklärbar ist. Somit spiegelte sich die hohe ruminale in sacco-Abbaubarkeit der Hybride *Avenir* in der Gesamtverdaulichkeit wider und zeigte auf die Milchleistung je kg T-Aufnahme einen geringen Einfluß (ETTLE 2001).

Eine Möglichkeit die mit verschiedenen Methoden gewonnenen Messwerte zu vergleichen bestand darin, sie auf das Vorliegen von bestehenden Korrelationen zu überprüfen. Korrelationen zwischen dem ermittelten nXP-Gehalt der Rationen und den in Tabelle 25 aufgeführten Analysen- bzw. Abbauwerten, erscheinen bei näherer Betrachtung als wenig plausibel bzw. verändern sich sogar beim Weglassen eines einzelnen Wertesets von positiver zu negativer Beziehung (in sacco-Abbau Ganzpflanzensilage : nXP) oder umgekehrt (in sacco-Abbau Restpflanze : nXP). Durchgängig scheint die Beziehung ($r=0,70$) lediglich zwischen nXP-Gehalt und NDF-Gehalt zu sein. Wobei jedoch zu bedenken ist, dass nXP im Versuch überwiegend aus dem Kraftfutter stammte.

Somit bleiben als einzige Parameter, die eine Aussage über den Futterwert von Maissilage (ME-Gehalt) zulassen, der Kolbenanteil ($r=0,85$) und der Rohfasergehalt ($r= -0,61$). Auch der in sacco-Abbau der Ganzpflanzensilage stand in enger Korrelation zum ME-Gehalt der

4. Ergebnisse und Diskussion

Maissilage ($r=0,94$), wobei jedoch die Korrelation zwischen in sacco-Abbau der Maissilage und dem ME-Gehalt im vorliegenden Versuch i.w. durch die Werte von *Avenir* bestimmt wurde. Ohne *Avenir* beträgt der Koeffizient lediglich $r=0,05$. Eine negative Beziehung scheint zudem zwischen dem in sacco-Abbau der unsilierten Körner und dem Kolbenanteil zu bestehen. Möglicherweise hängen höherer Kolbenanteil und geringerer Abbau der Körner über das physiologische Reifestadium der Pflanze miteinander zusammen. Das heißt, eine zum Zeitpunkt der Ernte weiter ausgereifte Pflanze (*Avenir*) hat einen höheren Kolbenanteil bei gleichzeitig geringerer Abbaubarkeit der Körner (HRIC 2000).

5 Schlussfolgerung

Maissilagen haben aufgrund des hohen Stärkegehaltes von 30% bis 40% einen hohen Stellenwert in der Milchviehernahrung, da ein großer Teil der erforderlichen Energie bereits mit dem Grundfutter aufgenommen werden kann. Inwieweit der Futterwert von Maissilagen mit Hilfe der in sacco-Abbaubarkeit von Restpflanze, Körner und/oder Ganzpflanze bzw. über die Inhaltsstoffe in den Maissilagen einzuschätzen und ob ein direkter Bezug zu den in vivo-Ergebnissen herzustellen ist, sollte in den vorliegenden Ergebnissen geprüft werden. Bei den in sacco-Abbausergebnissen ist sowohl für die Körner (Einsatz von 3 Erntedaten) als auch bei den Restpflanzen (Einsatz von zwei Erntedaten) eine deutliche Abhängigkeit von dem Reifestadium zu verzeichnen. Ebenso besitzt das Anbaujahr (1996/1998) einen entscheidenden Einfluss auf die in sacco-Abbaubarkeit der Körner, wie es bei einem Vergleich der Ergebnisse verschiedener in sacco-Abbauwerte der Körner (LOOSE 1999, HRIC 2000 und ETTLE 2001) deutlich wird. Körner, die sich bei der Ernte in einem späteren Vegetationsstadium befanden (LOOSE 1999, Anbaujahr 1996), zeigten gegenüber den Körnern, die nur Silagereife bei der Ernte aufwiesen (HRIC 2000, vorliegende Arbeit, Anbaujahr 1998) eine geringere ruminale Abbaubarkeit (Tabelle 15). Einflüsse der Reife sollten bei dem Vergleich der Silagen im vorliegenden Versuch durch unterschiedliche Erntezeitpunkte (Reifekriterium: Trockensubstanz von ca. 35%) ausgeschlossen werden, um einen eventuell vorhandenen Sorteneffekt nicht zu überdecken.

Die ruminale in sacco-Abbaubarkeit der silierten Ganzpflanze ist, wie aus den vorliegenden Ergebnissen zu ersehen, nicht mit den in sacco-Ergebnissen der unsilierten Einzelfractionen zu vergleichen. So wies z.B. die Hybride *Avenir*, deren unsilierten Restpflanzen und Körner am geringsten abgebaut wurde, im ruminalen Silage-Abbau die höchsten Werte unter den vier zu vergleichenden Maishybriden auf. Die Ernte der Ganzpflanze erfolgte allerdings für *Avenir* schon am 10.09.98 (ca. 35% T), so dass die Ernte der Restpflanzen und Körner am 29.09.98 gegenüber den anderen Hybriden vom Zeitpunkt der Ernte der Ganzpflanzen (23. – 30.09.98) am weitesten entfernt lagen, physiologisch am weitesten ausgereift waren und deshalb geringer abgebaut wurden. Zur Erklärung der hohen Abbaubarkeit der Silage trotz der geringen Abbaubarkeit der Einzelfractionen kann auch der Anteil des Kolbens an der Gesamtpflanze herangezogen werden, der bei der Untersuchung der Einzelfractionen

5. Schlussfolgerung

unberücksichtigt bleibt. Es zeigt sich zudem ein deutlicher Einfluss der Silierung auf den Abbau, wodurch die Nährstoffe für die Pansenmikroben deutlich besser verfügbar werden.

Der ruminale Abbau der Rationen mit Maissilage unterscheidet sich zwischen in vivo- und in sacco-Ergebnissen sehr, so dass nur schwer ein Bezug zwischen den beiden Versuchsmethoden hergestellt werden kann. Die hohe Gesamtverdaulichkeit der Maishybride *Avenir*, die in Hammelversuchen ermittelt wurde, und der sich daraus errechnete hohe Energiegehalt lässt sich vorwiegend über den hohen Kolbenanteil bei der Hybride erklären und spiegelt sich auch in einer hohen in sacco-Abbaubarkeit der silierten Ganzpflanzen wider. Allerdings wirkte sich dieser Sorteneffekt bei Fütterungsversuchen mit den vier Maishybriden (ETTLE 2001) nicht positiv auf die Leistung aus. Es ist somit festzustellen, dass die in sacco an unsilierten Einzelkomponenten sowie an der Silage erzielten Ergebnisse in vivo (bei einem Grundfutter/Kraftfuttermittelverhältnis von 44 : 56) nicht reproduziert werden konnten (Tabelle 25). Dabei ist die eingeschränkte Aussagekraft der in sacco-Methode, hinsichtlich der fehlenden Kauaktivitäten, der unterschiedlichen Passageraten im Tier und die fehlende Einwirkung der natürlichen Pansendurchmischung zu berücksichtigen. Zur Einschätzung des Futterwertes bei Maissilagen ist die in sacco-Abbaubarkeit somit nur eine begrenzt einsetzbare Methode. Für die Futterwertschätzung von Silage müssen somit neben in sacco-Ergebnissen noch weitere Parameter erfasst werden.

6 Zusammenfassung

Einfluss von Silagen aus unterschiedlichen Maishybriden auf die Umsetzungen im Verdauungstrakt bei Wiederkäuern

In der vorliegenden Arbeit wurden vier verschiedenen Maishybriden (*Avenir*, *CGS5104*, *Byzance*, *CGS5107*), die aufgrund eines vorangegangenen Screenings aus 26 Hybriden anhand der in sacco-Abbaubarkeit sowie Rohrnährstoff- und Stärkegehalte ihrer Körner (LOOSE 1999) ausgewählt worden sind, als Ganzpflanzensilage hinsichtlich des Abbaus von T und NDF im Pansen, ihres Einflusses auf einige pansenphysiologische Parameter (pH-Wert, NH₃ und flüchtige Fettsäuren) sowie der Nährstoffanflutung am Dünndarm bei Milchkühen untersucht. Zusätzlich wurden zur Charakterisierung der Maishybriden der ruminale T-Abbau der unsilierten Einzelfractionen Körner (von drei Erntedaten) und Restpflanze (von zwei Erntedaten) bestimmt und mit den Ergebnissen der Maisganzpflanzensilage aus den in sacco- und in vivo-Versuchen verglichen.

In dem ersten in sacco-Versuch wurden die Körner der vier Maishybriden von drei Erntezeitpunkten (22.09.98, 29.09.98, 06.10.98) und die Restpflanzen von zwei Erntezeitpunkten (29.09.98, 06.10.98) auf ihren T-Abbau bei drei laktierenden Milchkühen getestet. Die Ergebnisse zeigten einen mit zunehmendem Reifestadium abnehmenden ruminalen T-Abbau sowohl bei den Körnern als auch bei den Restpflanzen. Nach einer Inkubationszeit von 8 Stunden betrug der T-Abbau der vier Hybriden bei den Restpflanzen 31% - 38%, bei den Körnern 54% - 75% und nach 24 Stunden 39% - 46% bzw. 83% - 98%. Die Hybride *Avenir* zeigte bei einer unterstellten Passagerate von 8%/h sowohl bei den Körnern als auch bei den Restpflanzen die geringste effektive Abbaubarkeit, die unter anderem mit der weiter fortgeschrittenen physiologischen Reife zu den jeweiligen Erntedaten der Einzelfractionen Körner und Restpflanze gegenüber den übrigen Hybriden zu erklären ist. In einem weiteren in sacco-Versuch wurden die vier Maissilagen (Erntekriterium: T von ca. 35%, daraus resultierten vier unterschiedliche Erntetermine) ebenfalls im Pansen von drei Milchkühen inkubiert und hinsichtlich des T- und NDF-Abbaus ausgewertet. Die Trockensubstanz wurde nach einer Inkubation von 24 Stunden zu 71% - 73% abgebaut. Die Hybride *Avenir*, die im Mittel 17 Tage vor den anderen drei Hybriden und mehr als 12 Tage

6. Zusammenfassung

vor den Einzelfractionen geerntet wurde, wies bei einer Passagerate von 8%/h die höchste effektive Abbaubarkeit auf, während die drei restlichen Hybriden sich kaum unterschieden. Bei dem NDF-Abbau waren nach 24 Stunden Werte von 34% - 43% zu verzeichnen, wobei die Hybride *Avenir* hinter *CGS5107* ebenfalls mit am höchsten abbaubar war. Aus diesen Ergebnissen ist zu ersehen, dass von der ruminalen Abbaubarkeit der unsilierten Einzelfractionen (Körner und Restpflanzen) nicht auf die ruminale Abbaubarkeit der silierten Ganzpflanze zu schließen ist, insbesondere, wenn Einzelfractionen und Ganzpflanze nicht zum gleichen Zeitpunkt geerntet wurden.

In dem sich daran anschließenden Stoffwechselversuch mit diesen vier Maissilagen an vier ruminal- und duodenal-gefistelten Milchkühen der Rasse „Deutsche Holstein“ wurden hybridspezifische Auswirkungen auf die pansenphysiologischen Parameter und auf den Nährstofffluss am Dünndarm untersucht. Die Tiere erhielten eine Ration, die zu 56% aus Kraftfutter und zu 44% aus einer der vier Maissilagen bestand. An eine 14tägige Futteradaptation schloss sich eine 5tägige Duodenalchymussammelperiode an, in der alle zwei Stunden Stichproben aus dem Duodenum entnommen wurden. Die Nährstoffflussmengen zeigten nur geringe Unterschiede zwischen den vier Maishybriden (OS-Fluss 7,6 - 8,2 kg/Tag), wobei zwischen *CGS5107* und *CGS5104* bei den Parametern T, OS, ADF und Lignin signifikante Differenzen ($p < 0,05$) abgesichert werden konnten. Hinsichtlich des pH-Wertes, der Konzentration an flüchtigen Fettsäuren und Ammoniak bestanden nach der Fütterung von Silage aus den vier Hybriden keine signifikanten Unterschiede. Bei den Ergebnissen, die die mikrobielle Proteinsynthese betreffen, bestanden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Rationen mit den vier verschiedenen Maissilagen, lediglich tendenziell schien die Hybride *CGS5107* mit der geringsten Menge an fermentierbarer organischer Substanz zur höchsten Menge an Mikrobenprotein geführt zu haben.

Die Hybridunterschiede, die sich bei den in sacco-Versuchen vor allem durch die Hybride *Avenir* abzeichneten, waren in dem in vivo-Versuch nicht reproduzierbar, so dass von den in sacco-Ergebnissen in der vorliegenden Arbeit nicht auf die in vivo-Abbaubarkeiten der vier Hybriden geschlossen werden konnte.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die in sacco-Methode allein nicht aussagekräftig genug ist, um den Futterwert einer Maissilage richtig einzuschätzen.

7 Summary

Kathrin Höner

The influence of silage prepared from different corn hybrids on the metabolism in the digestive tract of ruminants

In this study whole plant silage of 4 different corn hybrids (*Avenir*, *CGS5104*, *Byzance*, *CGS5107*) were investigated on dry matter (DM) and neutral detergent fibre (NDF) degradability in the rumen, on effects on rumen-physiological parameters (pH-value, NH₃- and volatile fatty acid concentrations) as well as on nutrient flow into the duodenum. The 4 hybrids were screened out of 26 varieties according to their in sacco-degradabilities and crude nutrient contents including starch content in the kernels (LOOSE 1999). In order to characterise the hybrids in more detail the ruminal DM-degradability of fresh kernels (harvested at 3 maturity stages) and residual plants (harvested at 2 stages) were determined and compared with results obtained from the corresponding whole plant silage by use of in sacco- and in vivo-experiments.

In the 1st in sacco-experiment the kernels of the 4 hybrids (harvested at 3 dates) and the residual plants (harvested at 2 dates) were tested for DM-degradability on 3 lactating dairy cows. Kernels as well as residual plants showed a decrease of DM-degradability with increasing maturity. After an 8 hours incubation time DM-degradability of the residual plants amounted to 31-46% or 83-98%, respectively.

The kernels as well as the residual plants of the hybrid *Avenir* showed the lowest effective degradability at a passage rate of 8%/h, which was obviously due to the more mature stage of this hybrid at the time of harvesting as compared to the remaining 3 hybrids.

For the 2nd in sacco-experiment the 4 corn hybrids were harvested for silage preparation (harvesting criterion 35% DM, resulting in 4 harvesting dates). The silages were incubated in the rumen of 3 lactating cows to study DM- and NDF-degradability. After an incubation time of 24 hours the samples showed degradabilities between 71% and 73%. The hybrid *Avenir* which was harvested about 17 days before the other hybrids showed the highest effective degradation rate, when its passage rate was set of 8%/h. After a 24 hours incubation the NDF-

7. Summary

degradability amounted to 35-43%, with the highest degradability rate for the hybrid *Avenir*, followed by the *CGS5107*. These results demonstrate that it is not possible to deduce ruminal degradabilities of a whole plant silage from degradability values obtained for their fresh kernels and residual plants. This is, especially true when kernels and residual plants are not harvested at the same time as the whole plant.

In the metabolism experiment, which was conducted with 4 dairy cows of the “German Frisian Breed” fitted with rumen fistula and a T-piece-cannula at the duodenum, hybrids-specific effects of the 4 corn silage types on rumen physiological parameters and on the nutrient flux into the duodenum were studied. The animals were fed a ration consisting of concentrates (56% related to DM) and corn silage (44% related to DM). After an adaptation time of 14 days the duodenal digesta was collected in 2 hours intervals over 5 days. Only small differences in nutrient flux between the corn hybrids were detected (OM-flux 7,6 – 8,2 kg/d), with significant differences between hybrids *CGS5107* and *CGS5104* with regard to T, OM, ADF and lignin ($p < 0,05$). The pH-value, the concentrations of volatile fatty acids and NH_3 in the rumen fluid were not significantly affected by the silage type. The roles of microbial protein synthesis did not show significant differences either. But there was a tendency towards higher amounts of microbial protein produced from the hybrid *CGS5107* which possessed the lowest amount of fermentable organic matter. The differences between hybrids, which mainly originated from the hybrid *Avenir* in the in sacco-experiment were not seen in the in vivo-experiment. Accordingly, conclusions concerning in vivo-degradabilities of corn silages cannot be drawn from values obtained from in sacco-studies.

In summary, it may be stated that results of the in sacco-studies do not provide sufficient information for estimating precisely the feeding value of corn silage.

8 Literaturverzeichnis

AFRC TECHNICAL COMMITTEE ON RESPONSE TO NUTRIENTS (1993):

Energy and Protein requirements of ruminants.
CAB INTERNATIONAL, Wallingford, UK.

ALLEN, M. S., MERTENS, D. R. (1988):

Evaluation constraints on fiber digestion by rumen microbes.
J. Nutr. 118, 261-270

ANDRIEU, J., DEMARQUILLY, C., SAUVANT, D. (1988):

In Tables de la valeur nutritive des aliments. In Alimentation des bovins, ovins et caprins.
INRA, 351-443

ASELTINE, M. S. (1988):

Corn silage quality can vary depending on hybrid planted.
Feedstuffs 13, 13-14

BAL, M. A., SHAVER, R. D., AL-JOBEILE, H. (2000a):

Corn silage hybrids effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows.
J. Dairy Sci. 83, 2849-2858

**BAL, M. A., SHAVER, R. D., SHINNERS, K. J., COORS, J. G., LAUER, J. G., STRAUB, R. J.,
KOEGL, R. G. (2000b):**

Stage of maturity, processing and hybrid effects on ruminal in situ disappearance of whole-plant corn silage.
Anim. Feed Sci. Technol. 86, 83-94

BARON, V. S., STEVENSON, K. R., BUCHANAN-SMITH, J. G. (1986):

Proteolysis and fermentation of corn-grain ensiled at several moisture levels simulated storage methods.
Can. J. Anim. Sci. 66, 451-461

**BARRIERE, Y., DEMARQUILLY, C., HEBERT, Y., DARDENNE, J., ANDRIEU, P., EMILIE, J. C.;
LILA, P., MAUPETIT, M. (1991):**

Influences de la variabilite'genetique et environnementale sur la digestibilite' in vitro ou in vivo du maïs fourrage.
Agronomie 11, 151-167

**BARRIERE, Y., ARGILLIER, O., EMILIE, J.-C., GIAUFFRET, C., HERBERT, Y., MICHALET-
DOREAU, B. (1996):**

Ideotype maïs ensilage, et variabilite' de la valet alimentaire. In: Proceeding of Colloque Maïs Ensilage, Nantes, 17-19
AGPM, Beauvais, 13-19

8. Literaturteil

BARRIERE, Y. (1998):

Genetic variation in rate and extent of the in situ cell wall degradation of maize stalks at silage harvest time.

Agronomie, 18, 581-589

BAUCHOP, T. (1981):

The anaerobic fungi in fibre digestion.

Agriculture and Environment 6, 339-348

BAUMGARDT, B. R. (1967):

Efficiency of nutrient utilisation for milk production: Nutritional and physiological aspects.

J. Anim. Sci. 26, 1186-1194

BERGNER, H., HOFFMANN, L. (1996):

Bioenergetik und Stoffproduktion landwirtschaftlicher Nutztiere. Kapitel 3: Bioenergetik des intermediären Nährstoffumsatzes.

Harwood Academic Publ. Deutschland, 51-188

BLANK, R., SÜDEKUM, K. H., KIRCHGEBNER, M. (1998):

Synchroner Abbau von Kohlenhydraten und Rohprotein in den Vormägen - Eine neue Variable für die Rationsgestaltung?

Übers. Tierernährung 26, 157-188

BOEVER, J. L. DE, COTTYN, B. G., BOUCQUE, J. V., AVERTS, J. V., BUYSSE, F. X. (1984):

Comparative digestibility by sheep and cows and consequences on energy value.

Can. J. Anim. Sci. 64: Suppl., 175-176

BÖHM, M., SCHWARZ, F. J., KIRCHGEBNER, M. (1983):

Zum Futterwert von Maissilage mit unterschiedlicher Reife bei der Silierung.

Bayer Landw. Jb. 60, 893-902

BRANDT, M., ROHR, K. (1981):

Beiträge zur Quantifizierung der N-Umsetzung in den Vormägen von Milchkühen. 1. Bestimmung des Mikrobenstickstoffs im Duodenalchymus mit Hilfe von N¹⁵.

Zeitschrift Tierphysiol., Tierernährung und Futtermittelkde. 46, 39-48

BRANDT, M., SCHULD, A., VEARASLIP, T. (1986):

Körnergetreide und Lischkolbenschrotsilage in der Milchviehfütterung.

Schriftenreihe der Agrar. Fak .der Universität Kiel 45, 90-94

BRINK, D. R., STEELE, R. T. (1985):

Site and extend of starch and NDF digestion as affected by source of calcium and level of corn.

J. Anim. Sci. 60, 1330-1337

8. Literaturteil

BROWN, E. M., BRYANT, M.J., BEEVER, D. E. (1999):

Apparent digestibility and nitrogen utilisation of maize silage harvested at three stages of maturity and fed to beef cattle.

Proc. Br. Soc. Anim. Sci. 82

BURGSTALLER, G. (1974):

Maissilage in der Rinderfütterung.

Mais 2, 12-14

BURROUGHS, W., GERLAUGH, P., EDINGTON, B.H. (1949):

The influence of corn starch upon roughages digestion in cattle.

J. Anim. Sci. 8, 271-278

BYERS, F. M. (1974):

The importance of associative effects of feeds on corn silage and corn grain net energy values.

Ph. D. Dissertation Colorado State Univ., Fort Collins

CALDER, F. W., LANGILLE, J. E., NICHOLSON, J. W. G. (1977):

Feeding value for beef steers of corn silage as affected by harvest dates and frost.

Can. J. Anim. Sci. 57, 65-73

CERNAU P., MICHALET-DOREAU, B. (1991):

In situ starch degradation of different feeds in the rumen.

Reprod. Nutr. Dev. 31, 65-72

CHASE, L. E. (1993):

Starch digestion in dairy cow - what are the limits?

Proc. Cornell Nutr. Conf. for Feed Manufacturers, Rochester, 90-97

COLENBRANDER, V. F., LECHTENBERG, V. L., BAUMANN, L. F. (1975):

Feeding value of low lignin corn silage.

J. Anim. Sci. 41, 332-339

COLLAR, C., SCHULTZ, T., WRIGHT, S., WEAVER, L. (1991):

In situ rumen evaluation of silage corn hybrids.

J. Dairy Sci. 74, (Suppl. 1): 185

CONE, J. W. (1991):

Degradation of starch in feed concentrates by enzymes, rumen fluid and rumen enzymes.

J. Sci. Food Agric. 54, 23-29

CONE, J.W., ENGELS, M. (1993):

The influence of ageing on cell wall composition and degradability of three maize genotypes.

Anim. Feed Sci. Technol. 40, 331-342

8. Literaturteil

CORBETT, J. C., PICKERING, F. S. (1983):

Estimation of daily flows of digesta in grazing sheep.
Austr. J. Agric. Res. 34, 193-210

DACCORD, R. (1994):

Bewertung von Silomais in der Milchviehfütterung und Rindermast.
Bericht über die 21. Tierzuchttagung, Gumpenstein, BAL: 33-35

DACCORD, R., ARRIGO, Y., VOGEL, R. (1995):

Nährwert von Maissilage. Nutritive value of maize silage.
Agrarforschung 2, 397-400

DAENICKE R., ROHR K. (1976):

Zum Einsatz von Maissilage mit und ohne Rauhfutterergänzung in der Milchviehfütterung.
Züchtungskunde 48, 362-370

DAENICKE R., JOCHMANN, K., GÄDEKEN D., FLACHOWSKY, G. (1999):

Zum Einfluss einer Beimpfung von Maissilagen mit Milchsäurebakterien (MSB) auf die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe sowie auf die Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen.

Landbauforschung Völkenrode 2, 64-69

DARDILLAT, C. (1987):

Debit reticulo omasal instante chez la vache.
Reproduction Nutriens Developement 27, 231-232

DEINUM, B., BAKKER J. J. (1981):

Genetic differences in digestibility for forage maize hybrids.
Neth. J. Agric. Sci. 29, 93-98

DEINUM, B. (1988):

Genetic and environmental variation in quality of forage maize in Europe.
Neth. J. Agric. Sci. 36, 400-403

DEINUM, B., STEG, A., HOF, G. (1984):

Measurement and prediction of digestibility of forage maize in the Netherlands.
Anim. Feed Sci. Technol. 10, 301-313

DEVISSER, H. (1999):

Structural and nonstructural carbohydrates in concentrate supplements of silage-based dairy-cow ration. 2. Rumen degradation, fermentation and kinetics.
Neth. J. Agric. Sci. 40,

DLG- FUTTERWERTTABELLEN FÜR WIEDERKÄUER (1997):

Erarbeitet von der Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim; 7. Erweiterung und neugestaltete Auflage.
DLG-Verlag Frankfurt am Main

8. Literaturteil

- DOVE, H., MILNE, J. A., SIBBALD, A. M., LAMB, C. S., MCCORMACK, H.A. (1988):**
Circadian variation in absorption in sections of the large intestine.
Br. J. Nutr. 60, 653-668
- EL-SHAZLY, K., DEHORITY, B. A., JOHNSON, R. R. (1961):**
Effect of starch on the digestion of cellulose in vitro and in vivo by rumen microorganisms.
J. Anim. Sci. 20, 268-273
- ENGELHARDT, W. v., BREVES, G. (2000):**
Lehrbuch der Physiologie der Haustiere.
Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart
- ENGLING, F. P. (1988):**
Überprüfung verschiedener Gärfutter unter ernährungsphysiologischen Aspekten: Ein Beitrag zur Erweiterung der Basis wirtschaftseigener Futtermittel in der Milchviehfütterung.
Dissertation, Universität Göttingen
- ETTLE, T. (2001):**
Vergleichende Untersuchungen zur Protein- und Stärkebewertung in der Milchviehfütterung.
Dissertation, Technische Universität München
- EVANS, J. L., COLBURN, M.W. (1967):**
Disappearance in the rumen of grain dry matter with different physical forms.
J. Dairy Sci. 5, 394-396
- FAICHNEY, G. J. (1975):**
The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract of ruminants.
In: „Digestion and Metabolism in the ruminants.“ McDonald, I.W. and Warner, A. (Eds.)
University of New England Publishing Unit, Armidale, New South Wales 277
- FAICHNEY, G. J. (1980):**
The use of marker to measure digesta flow from the stomach of sheep fed once daily.
J. Agric. Sci. Camb. 94, 313-318
- FIEMS, L. O., COTTYN, B. G., BOUCQUE, CH. V. (1990):**
Effect of grain processing on in sacco digestibility and degradability in the rumen.
Arch. Anim. Nutr. 40, 713-721
- FISHER, L. J., FAIREY, N. A. (1980):**
The influence of planting density on the quality of corn silage.
Res. Rev., Agassiz, B. C., 14-15
- FLACHOWSKY, G., SCHNEIDER M., ORCHIMENKO, W. I., RICHTER, G. H., LÖHNERT, H. J. (1988):**
Methodische Hinweise zur Anwendung der Nylonbeutel-Technik beim Wiederkäuer.
Schriftenreihe der Lehrgangseinrichtung für Fütterungsberatung Jena-Jemderoda 11, 20-26

FLACHOWSKY, G., SCHNEIDER, A., SCHNEIDER, M., TIROKE, K. (1992a):

Einflussfaktoren auf den in sacco-Trockensubstanzabbau verschiedener Rauhfuttermittel.
VDLUFA- Schriftenreihe 35, 411-415

FLACHOWSKY, G., BALDEWEG P., SCHEIN G. (1992b):

A note on the in sacco dry matter degradability of variously processed maize grains and of different maize varieties in sheep.
Anim. Feed Sci. Technol. 39, 173-181

FLACHOWSKY, G., PEYKER W., HENKEL K. (1993):

Fibre analyses and in sacco degradability of plant fractions of two corn varieties harvested at various times.
Anim. Feed Sci. Technol. 43, 41-50

FLACHOWSKY, G., SCHNEIDER, A. (1993):

Einfluss von Sorte und Vegetationsstadium auf den in sacco-Abbau von Maispflanzenregionen.
9. Maiskolloquium in Halle/Saale

FRENCH, D. (1973):

Chemical and physical properties of starch.
J. Anim. Sci. 37, 1048-1061

GALYEAN, M. L., WAGNER, D. G., JOHNSON, R.R., (1976):

Site and extent of starch digestion in steers fed processed corn rations.
J. Anim. Sci. 43, 1088-1094

GALYEAN, M. L., WAGNER, D. G., OWEN, F. N., (1981):

Dry matter and starch disappearance of corn and sorghum as influenced by particle size and processing.
J. Dairy Sci. 64, 1804-1812

GEISSLER, CH., HOFFMANN, M., HICKEL, B. (1976):

Ein Beitrag zur gaschromatischen Bestimmung flüchtiger Fettsäuren.
Arch. Tierern. 26, 123-129

GFE. (1997):

Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Zum Proteinbedarf von Milchkühen und Aufzuchtrindern.
Proc. Soc. Nutr. Physiol. 6, 217-236

GIVENS, D. I., DEAVILLE, E. R. (2001):

Comparison of major carbohydrate fraction and cell wall digestibility in silages made from older and newer maize genotypes grown in the UK.
Anim. Feed Sci. Technol. 89, 69-82

8. Literaturteil

GOERING, H. J., VAN SOEST, P. J. (1970):

Forage fibre analysis. (Apparatus, Reagents, Procedure and some Applications).
Agr. Res. Service Agr. Handbook No.379, Washington

GREIFE, H. A., ROOKE, J. A., ARMSTRONG, D. G. (1984):

Vergleichende Untersuchungen- in vivo / in sacco - zur Abbaubarkeit des Futterproteins im Pansen.
Landwirtschaftliche Forschung, Kongreßband 37, 615-623

GROSS, F. (1979):

Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais 1. Mitteilung: Bewertung von Silomais.
Das wirtschaftseigene Futter 25, 215-225

GROSS, F., PESCHKE, W. (1980a):

Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais 4. Mitteilung: Einfluss der Kolbenbildung auf Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais.
Das wirtschaftseigene Futter 26, 193-206

GROSS, F., PESCHKE, W. (1980b):

Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais 2. Mitteilung: Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Maisstroh.
Das wirtschaftseigene Futter 26, 104-117

GROSS, F. (1970):

Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Futterwert von Maisgärfutter.
Das wirtschaftseigene Futter, 16, 306-336

GRUBER, L., KOPALV H., LETTNER, F., PARRER, F. (1983):

Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Nährstoffgehalt und den Ertrag von Silomais.
Das wirtschaftseigene Futter 29, 87-109

HA, J. K., KENNELLY, J. J. (1984):

In situ dry matter degradation of various protein sources in dairy cattle.
J. Dairy Sci. 64, 443-452

HAGEMEISTER, H., LUPPING, W., KAUFMANN, W. (1981):

Microbial protein synthesis and digestion in the high-yielding dairy cow In: "Recent developments in ruminant nutrition", W. Haresign and D.J.A. Cole (Eds.),
Butterworth, London , 31-48

HAMILTON, T. S. (1942):

The effect of added Glukose upon the digestibility of protein and of fibre in ration for sheep.
J. Nutrition 23, 101-110

HART, F. J., LEIBHOLZ, J. (1983):

The degradability of protein of two dried forages in the rumen of cattle.

In: "Feed Information and Animal Production" Robards, G.E. and Packham, R.G. (Eds.), CAB Inter., Farnham Royal, 269-272

HEIMBECK, W. K., SCHWARZ, F. J., KIRCHGEBNER, M. (1988):

Auswirkungen verschiedener Häcksellängen und einem nachfolgendem Quetschen der Maisgesamtpflanze auf die Nährstoffverdaulichkeit

Das wirtschaftseigene Futter 34, 15-26

HENNING, P.A., VAN DER LINDEN, Y., MATTHEYSE, M.E., NAUHAUS, W.K., SCHWARTZ, H. M., GILCHRIST, F. M. C. (1980):

Factors affecting the intake and digestion of roughage by sheep fed maize straw supplemented with maize grain.

J. Agric. Sci. Camb. 94, 565-573

HEPTING, L. (1992):

Der Futterwert der Maissorten

Mais 4/92, 16-19

HERRERA-SALDANA, R. E., GOMEZ-ALARCON, R., TORABI, M., HUBER, J. T. (1990):

Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis.

J. Dairy Sci. 73, 142-148

HERSHBERGER, T.V., BENTLY, D. G., CLINE, J. H., TYNZIK, W.J. (1956):

Formation of short-chain fatty acids from cellulose, starch and metabolic intermediates by ovine and bovine rumen microorganisms.

J. Agr. Food Chem. 4, 902

HERTER, U. (1991):

Eignung unserer Maissorten für Silomais.

Landwirtschaft Schweiz 4, 577-582

HERTER, U., ARNOLD, A., SCHUBIGER, F. (1996):

Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais.

Agrarforschung 3, 535-538

HÖNER, K., MEYER, U., HAILU, Y., SPOLDERS, M., LEBZIEN, P. (2001):

Influence of the sample-technique of the rumen fluid on measured pH-values in cows.

Proc. Soc. Physiol. 103, 102

HOGAN, J. P. (1964):

The digestion of food by grazing shep. 1. The rate of flow of digesta.

Austr. J. Agric. Res. 15, 384-396

HOGAN, J. P., WESTON, R. H. (1967):

The digestion of chopped and ground roughage by sheep. 2. The digestion of nitrogen and some carbohydrate fractions in the stomach and intestines.

Austr. J. Agric. Res. 18, 803-819

HONIG, H., ROHR, K. (1984):

Einfluss der Häcksellänge auf den Siliervorgang.

Mais 10, 8-10

HOVELL, F. D., NGAMBI, J. W. W., BARBER, W. P., KYLE, D. J. (1986):

The voluntary intake of hay by sheep in the relation to its degradability in the rumen as measured in nylon bags.

Anim. Production 42, 111-119

HRIC, I., KALLUS, B., LEBZIEN, P. (2000):

Einfluss des Reifestadiums auf die in situ Abbaubarkeit von Maiskörnern verschiedener Sorten im Pansen von Milchkühen

Proc. Soc. Nutr. Physiol. 9, 136

HUBER, J. T., GRAF, G. C., ENGEL, R. W. (1965):

Effect of maturity on nutritive value of corn silage for lactating dairy cows.

J. Dairy Sci. 48, 1121-1123

HUME, I. D., MOIR, R. J., SOMERS, M. (1970):

Synthesis of microbial protein in the rumen. 1. Influence of the level of nitrogen intake.

Austr. J. Agric. Res. 21, 283-296

HUNT, C.W., KEZAR W., VINANDE, R. (1989):

Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear and stover as affected by maturity.

J. Prod. Agric. 2, 257-361

HUNT, C. W., KEZAR, W., HINMAN, D. D., COMBS, J. J. (1993):

Effects of hybrid and ensiling with and without a microbial inoculant on the nutritional characteristics of whole plant corn.

J. Anim. Sci. 71, 38-43

HUNTER, R.B. (1979):

Verfahren zur Selektion und Beurteilung von Mais für Ganzmaissilage.

Übersicht Tierernährung 7, 51-72

HUNTINGTON, G. B., GIVENS, D. I. (1995):

The insitu-technic for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure.

Nutr. Abstr. Rev. 65, 63-93

HUNTINGTON, G. B., GIVENS, D. I. (1997):

Studies on in situ degradation of feeds in the rumen: 1. Effect of species, bag mobility and incubation sequence on dry matter disappearance.

Anim. Feed Sci. Technol. 64, 227-241

IRLBECK, N. A., RUSSEL, J. B., HALLAUER, A. R., BUXTON, D. R. (1993):

Nutritive value and ensiling characteristics of maize stover as influence by hybrid maturity and generation, plant density and harvest day.

Anim. Feed Sci. Technol. 41, 51-65

JENTSCH, W., WITTENBURG, H. (1993):

Ergebnisse aus vergleichenden Untersuchungen von Parametern der Pansenfermentation und zur Verdaulichkeit von Futterrationen bei Rind und Schaf.

Arch. Anim. Nutr. 43, 345-361

JOANNING, S. W., JOHNSON, D. E., BARRY, B. P. (1981):

Nutrient digestibility depression in corn silage-corn grain mixtures fed to steers.

J. Anim. Sci. 53, 1095-1103

JOCHMANN, K. (1999):

Ernährungsphysiologische Untersuchungen zum Einfluss der Maisreife und des Einsatzes von Milchsäurebakterin bei der Herstellung von Maissilage auf die Umsetzung im Verdauungstrakt sowie auf die Milchleistung bei Wiederkäuern.

Dissertation, Universität Jena.

JOHNSON, D. E., HILL, T. M., WARD, G. M., JOHNSON, K. A., BRANINE, M. E., CARMEAN, B.R., LODMANN, D. W. (1993):

Ruminants and other animals. Pages 199-229 in M.A.K. Khalil, ed. Atmospheric methane: sources, sinks, and role in global change.

Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany

JOHNSON, J. C., MONSON, W. G., PETTIGREW, W. T. (1985):

Variation in nutritive value of corn hybrids for silage.

Nutr. Rep. Int. 32, 953-958

JOY, M.T., DEPETERS, E. J., ZINN, R. A. (1997):

Effects of corn processing on the site and extent of digestion in lactating cows.

J. Dairy Sci. 80, 2087-2097

KAMPHUES, J., SCHNEIDER, D., LEIBETSEDER, J. (1999):

Zitat in: "Supplemente zu Vorlesung und Übungen in der Tierernährung"

Verlag M.& H.Schaper Alfeld-Hannover, 9.Auflage

KAUFMANN, W, ROHR, K. (1967):

Ergebnisse gaschromatischer Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren im Pansen bei unterschiedlicher Fütterung.

Futtermittelkunde 22, 1-8

8. Literaturteil

KAUFMANN, W., HELLER, V., MELOSCH, V., KÜTHER, K., HILDEBRAND, H. H., RAUE, F. (1972):

Mehr Milch aus Mais- und Grassilage.
Broschüre d. LWK. Schleswig-Holstein

KIRCHGEBNER, M., HEIMBECK, W. K., SCHWARZ, F. J. (1989):

Schaf und Rind als Versuchstiere zur Bestimmung der Nährstoffverdaulichkeit von Maissilagen bei steigendem Ganzkornanteil.
J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 61, 111-119

KNOWLTON, R., SUTTON J. D., MCALLAN, A. B., SMITH, R. H. (1996):

Effect of corn grain maturity and processing on performance, rumen fermentation and site of starch digestion in early lactating cattle.
J. Dairy Sci. (Suppl.1) 79, 138

KOLB, E. (1989):

Die Verdauung im Wiederkäuermagen.
Lehrbuch der Physiologie der Haustiere, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena

KOTARSKI, S. F., WANISKA, R. D., THURN K. K. (1992):

Starch hydrolysis by ruminal microflora.
J. Nutr. 122, 178-190

KOTTERER, L., MÜNCH, S. (1985):

Untersuchungsverfahren für das milchwirtschaftliche Laboratorium.
Volkswirtschaftlicher Verlag München, Verlag Th. Mann Gelsenkirchen-Buer, Arbeitsgemeinschaft für das milchwirtschaftliche Fachbuch , 13-15

KÖHLER, R., JEROCH, H., FLACHOWSKY, G., GEBHARDT, G., HILSCHER, H., KAPPEL, W. (1990):

Futtermittelkundliche Bewertung verschiedener Maisgenotypen.
Arch. Anim. Nutr. 40, 267-274

KÖHLER, R., LEUOTH, A., JEROCH, H. (1989):

Untersuchungen zum Gehalt und zur Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen in Restpflanzen verschiedener Maishybriden.
Arch. Anim. Nutr. 39, 187-192

KRASTANOVA, M. (1993):

Untersuchungen zum Einsatz von "geschützem" Rapsschrot in der Milchviehfütterung.
Dissertation, Universität Göttingen

KUNG, L., TUNG, R. S., CARMEAN, B. R. (1992):

Rumen fermentation and nutrient digestion in cattle fed diets varying in forage and energy source.
Anim. Feed Sci. Technol. 39, 1-12

8. Literaturteil

LANGENHOFF, M., DAENICKE, R., GÄDEKEN, D., FLACHOWSKY, G. (2001):
Nutritional value of silages from two different maize hybrids for fattening bulls
Proc. Soc. Nutr. Physiol. 10, 113

LATHAM, M. J., BROCKER, B. E., PETTIPHER, G. L. (1978):
Ruminococcus flavefaciens cell wall coat and adhesion to cotton cellulose and to cell walls in leaves of perennial ryegrass.
Applied and Environmental Microbiology 35, 156-165

LEBZIEN, P. (1985):
Neuere Untersuchungen zum Getreideinsatz in Milchviehrationen.
Vortrag Landesarbeitskreis Fütterung Baden-Würt., Stuttgart

LEBZIEN, P. (1997):
Proteinbewertungssystem für Milchkühe.
Kraftfutter 11, 481-487

LEBZIEN, P., ENGLING, F.-P. (1995):
Zum Einfluss von Kraftfuttermischungen mit unterschiedlichen Kohlenhydratträgern auf die Pansenfermentation und Rohrnährstoffverdaulichkeit bei Milchkühen.
J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 74, 208-218

LEBZIEN, P., SHOO J., MANCICI, V., JOCHMANN, K., FLACHOWSKY, G. (1997):
Vergleich der in situ - Abbaubarkeit verschiedener Sorten von Körnermais.
Proc. Soc. Nutr. Physiol. 6, 104

LEBZIEN, P., PAUL, C. (1997):
Use of near-infrared reflectance spectroscopy for the estimation of the microbial portion of non-ammonia-nitrogen in the duodenum of dairy cows.
Anim. Feed Sci. Technol. 68, 225-233

LINDBERG, J. E. (1985):
Estimation of rumen degradability of feed proteins with in sacco technique and various in vitro methods.
Acta Agric. Scan. 25, 64-97

LOOSE, K. (1999)
Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Körnermaishybriden auf die Stärke- und Proteinumsetzung im Verdauungstrakt von Milchkühen.
Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

MADSEN, J., HVELPLUND, T. (1994):
Prediction of in situ protein degradability in the rumen. Results of an European ringtest.
Livestock Production Science 39, 201-212

MARTEN, G. C., GOODRICH, R. D., SCHMIDT, A. R., MEISKE, J. C., JORDAN, R. M., LINN, J. G. (1975):

Evaluation of laboratory methods for determining quality of corn and sorghum silages: 2. Chemical methods for predicting in vivo-digestibility.

Agric. J. 67, 247-251

MATHERS, J. C., MILLER, E. L. (1981):

Quantitative studies of food protein degradation and the energetic efficiency of microbial protein synthesis in the rumen of sheep given chopped lucerne and rolled barley.

Br. J. Nutr. 45, 587-604

MATTHÉ, A. (2001):

Nährstoffumsetzungen im Verdauungstrakt des Rindes nach Einsatz unterschiedlicher Mengen an Mais- und Weizenstärke

Dissertation, J.L.Universität Gießen

MATTHÉ, A., LEBZIEN, P., FLACHOWSKY, G. (1998)

Einfluss unterschiedlicher Trocknung von Maiskörnern auf den in sacco-Abbau im Pansen von Milchkühen.

VDLUFA-Schriftreihe 49, 509-512

MCALLAN, A. B., PHIPPS, R. H. (1977) :

The effect of sample data and plant density on the carbohydrate content of forage maize and the changes that occur upon ensiling.

J. Agric. Sci. 89, 589-597

MC ALLISTER, T. A., PHILIPPE, T. A., RODE, R. C., CHENG, K. J. (1993):

Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms

J. Anim. Sci. 71, 205-212

MC KNIGHT, D.R., MAC LEOD, G. K., BUCHMANN-SMITH, J. G., MOWAT, D. N. (1973):

Utilisation of ensiled or acid-treated high-moisture shelled corn by cattle.

Can. J. Anim. Sci. 53, 491-498

MCBURNEY, M. I., VAN SOEST, P. J., CHASE, L. E. (1983):

J. Sci. Food Agric. 34, 910

MCCOULLOGH, L., SMART, H. (1987):

Effect of corn processing on starch digestibility.

J. Anim. Sci. 37

MEHREZ, A. Z., ØRSKOV, E. R. (1977):

A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen.

J. Agric. Sci. Camb. 88, 645-650

MERTENS, D.R. (1973):

Application of theoretical models to cell wall digestion and forage intake in ruminants.
Ph. D. thesis. Cornell University, Ithaca

METHODENBUCH III DER LUFA, VORSCHRIFTEN 4. 1. 1. 5. 1. 2. 6. 1. 4. 8. 1. (1976):

Methodenbuch der landwirtschaftlichen Forschungs- und Untersuchungsanstalt,
Biochemische Untersuchungen von Futtermitteln, Vorschrift 4.1.1.: Bestimmung von
Rohprotein, Kjeldahl-Aufschluß, Vorschrift 8.1: Bestimmung von Rohasche,
VDLUFA-Verlag, J. Neumann, Darmstadt

MEYER, J. H. F., MACKY, R. I. (1986):

Microbial evaluation of the intraruminal in sacco digestion technique.
Applied and Environmental Microbiology 51, 622-629

MICHALET-DOREAU, B., CERNAU, P. (1991):

Influence of foodstuff particle size on in situ degradation of nitrogen in the rumen.
Anim. Feed Sci. Tech. 35, 69-81

MICHALET-DOREAU, B., OULD-BAH, M. Y. (1989):

Estimation of the extent of bacterial contamination in bag residues and its influence on in
sacco measurements of forage nitrogen degradation in the rumen.
Anim. Feed Sci. Technol. 35, 69-81

MICHALET-DOREAU, B., CHAMPION, M. (1995):

Influence of maize genotype on rate of ruminal starch degradation
Ann. Zootech. 44, 191-195

MICHALET-DOREAU, B., PHILIPPEAU C., DOREAU, M. (1997):

In situ and in vitro ruminal starch degradation of untreated and formaldehyd-treated wheat
and maize.
Reprod. Nutr. Dev. 37, 305-312

MILLER, A. Z., ØRSKOV, E. R. (1980):

Protein value of feedstuffs for ruminants.
In: „Vicia Faba: Feeding Value, Processing and Viruses“, Nijhoff, M. (Ed.)
The Hague , 17-30

MIR, Z., BITTMANN, S., FISHER, L. J. (1992):

Ruminal degradation characteristics of corn and corn-sunflower intercropped silages prepared
at two stages of maturity.
Anim. Sci. 72, 881-889

MORRISON, I. M. (1979):

Carbohydrate chemistry and rumen digestion.
Proc. Soc. Nutr. Physiol. 38, 269

MOULD, F. L., ØRSKOV, E. R., MANN, S. O. (1984):

Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughage.

Anim. Feed Sci. Technol. 10, 15-30

MUELLER, W. (1993):

Maize-silage – without any competition in cattle feeding due to high energy content.

Mais 21, 48-50

NOCEK, J. E. (1987):

Characterisation of in situ dry matter and nitrogen digestion of various corn grain forms.

J. Dairy Sci. 70, 2291-2301

NOCEK, J. E. (1988):

In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review.

J. Dairy Sci. 71, 2051-2069

NOCEK, J. E., TAMMINGA, S. (1991):

Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition.

J. Dairy Sci. 74, 3598-3629

OBA, M., ALLEN, M. S. (1999):

Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows.

J. Dairy Sci. 82, 135-142

OLDHAM, J. D., SUTTON, J. D., MCALLAN, A. B. (1979):

Protein digestion and utilisation by dairy cows.

Ann. Rech. vet. 10, 290-293

ØRSKOV, E. R. (1986):

Starch digestion and utilisation in Ruminants.

J. Anim. Sci. 63, 1624-1633

ØRSKOV, E. R., McDONALD, J. (1979):

The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage.

J. Agric. Sci. Camb. 92, 499-503

PARYS, C., LEBZIEN, P., MATTHÉ, A., FLACHOWSKY, G. (2000a):

In sacco-Abbaubarkeit von Mais-Restpflanzen im Pansen von Milchkühen.

In: VDLUFA-Schriftenreihe 55/2000, 112. VDLUFA-Kongress Stuttgart-Hohenheim, 19.09 – 22.09.2000, VDLUFA, Darmstadt, 80-83

PARYS, C., MATTHÉ, A, LEBZIEN, P., FLACHOWSKY, G. (2000b):

Einfluss der Tierart und der Rationsgestaltung auf die in sacco-Abbaubarkeit von Weizen und Mais im Pansen.

VDLUFA 112, 179

PEX, E.J., SCHWARZ, F.J., KIRCHGEBNER, M. (1996):

Zum Einfluss des Erntezeitpunktes von Silomais auf Verdaulichkeit und Energiegehalt von Maissilage bei Rind und Schaf.

Das wirtschaftseigene Futter 42, 83-96

PEX, E. (1993):

Vergleichende Untersuchung an Rind und Schaf zum Futterwert verschiedener Maissilagen. Dissertation, Technische Universität München

PHILIPPEAU, C., MICHALET-DOREAU, B. (1997):

Influence of genotype and stage of maturity on rate of ruminal starch degradation.

Anim. Feed Sci. Technol. 68, 25-35

PHILIPPEAU, C., MICHALET-DOREAU, B. (1998):

Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen.

J. Dairy Sci. 81, 2178-2184

PHILIPPEAU, C., MARTIN, C., MICHALET-DOREAU, B. (1999):

Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site and extent of digestion in beef steers.

J. Anim. Sci. 77, 1587-1596

PHIPPS, R. H., WELLER, R. F., FULFORD, R. J. (1979):

The development of fresh and ensiled forage maize. B. The effect of grain content on milk production.

J.agric.Sci. 92, 493-498

PHIPPS, R. H. (1996):

A crop from over there that's doing rather well over here : Forage maize in the diet of the lactating cow.

J. roy. Agric. Soc. Engl. 157, 103-115

PONCET, C., DIMOVA, E., LEVEILLE, M., DARDILLAT, C. (1977):

Mise au point d'une methode d'enregistrement chronique du debit duodenal chez le mouton: Exemple d'application.

Ann. Biolog. Anim. Bioch. Biophys. 17, 515-522

PONCET, C., IVAN, M. (1984):

Effect of duodenal cannulation in sheep on the pattern of gastroduodenal electrical activity and digesta flow.

Reproduction Nutr. Developpement 24, 887-902

8. Literaturteil

PRIGGE, E. C., BAKER, M. J., VARGA, G. A. (1984):

Comparative digestion, rumen fermentation and kinetics of forage diets by steers and wethers.
J. Anim. Sci. 59, 237-245

ROBERTSSON, J.A., EASTWOOD, M.A., YEOMAN, M.M. (1980):

J. Sci. Food Agric. 31, 633-642

ROBERTSSON, J. A. (1988):

Physicochemical characteristics of food and the digestion of starch and dietary fibre during gut transit .

Proc. Soc. Nutr. Physiol. 47, 143

ROBINSON, P. H, TAMMINGA, S., VUUREN VAN, A. M. (1986):

Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on rumen fermentation in dairy cows.

Livestock Production Sci. 15, 173-189

ROBINSON, P. H, SNIFFEN, C. J., VAN SOEST, P. J. (1985):

Influence of level of feed intake on digestion and bacterial yield in the forestomachs of dairy cattle.

Can. J. Anim. Sci. 65, 437-444

ROHR, K., WERMKE, M. (1986):

Einfluss von Bestandsdichte auf die Ertragsleistung, Siliereignung und den Futterwert von Silomais, Verdaulichkeit und Fermentationvorgänge im Pansen von Wiederkäuern.

Das wirtschaftseigene Futter 31, 35-44

ROHR, K., BRANDT, M., CASTRILLO, O., LEBZIEN, P., ASSMUS, G. (1979):

Der Einfluss eines teilweisen Ersatzes von Futterprotein durch Harnstoff auf den Stickstoff- und Aminosäurefluss am Duodenum.

Landbauforschung Völkenrode 23, 233-236

ROHR, K., BRANDT, M., LEBZIEN, P., SCHAFT, H. (1984):

Measurement of duodenal flow in dairy cows by either total collection or spot sampling, using a special cannula.

Can. J. Anim. Sci. 64(Suppl.), 116-117

ROHR, K., LEBZIEN, P., SCHAFT, H., SCHULZ, E. (1986):

Prediction of the duodenal flow of nonammonia nitrogen and amino acid nitrogen in dairy cows.

Livestock Production Sci. 14, 29-40

RUSSELL, J.B. (1986):

Influence of harvest date on the nutritive value and ensiling characteristics of maize stover.

Anim. Feed Sci. Technol. 14, 11-27

8. Literaturteil

RUSSELL, J. B., IRLBECK, N. A., HALLAUER, A. R., BUXTON, D. R. (1992):

Nutritive value and ensiling characteristics of maize herbage as influenced by agronomic factors.

Anim. Feed Sci. Technol. 38, 11-24

RUSSEL, J. B., WILSON, D. B. (1996)

Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH?

J. Dairy Sci. 79, 1503-1509

SALOMONSSON, A. C., THEANDER, O., WESTERLUND, E. (1984):

Chemical characterisation of some swedish cereal whole meal and bran fractions.

Swedish J. agric. Res. 14, 111-117

SAS INSTITUTE INC. (1988):

SAS/STAT User's Guide Release 6.03 Edition, SAS Circle Box 8000, Cary NC , 27512-8000

SATTER, L. D., ROFFLER, R. E. (1975):

Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle.

J. Dairy Sci. 58, 1219-1237

SCHAFT, H. (1983):

Untersuchung zur Quantifizierung des Abbaus von Futterprotein in den Vormägen von Milchkühen.

Dissertation, Fachbereich Agrarwiss., Universität Göttingen

SCHEIBE, F. (1988):

Untersuchungen zum Einfluss von Mais- und Gerstgrassilage und abgestufter Trockenschnitzelgabe auf Mast- und Schlachtierleistung von Mastbullen.

Dipl.-Arbeit., Karl-Marx-Universität Leipzig

SCHLAGHECK, A., ENRTUP, N.L., FREITAG, M. (2000):

Auswirkungen des Abreifeverhaltens ("Stay Green"/"Dry Down") auf die in vitro Verdaulichkeit von Maisgenotypen unter Berücksichtigung verschiedener Pflanzenfraktionen.

Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 217, 94-101

SCHNEIDER, A., WIRTH, R., RICHTER, G.H., FLACHOWSKY, G. (1994):

Einfluss unterschiedlicher Erntetermine auf den Abbau zerkleinerter frischer und trockener Maiskörner im Pansen.

VDLUFA - Schriftreihe 38, 809-812

SCHNEIDER, M., FLACHOWSKY, G. (1991):

Aspekte zur Faser in der Wiederkäuerernährung.

Arch. Anim. Nutr. 41, 3-26

SCHOLZ, H. (1997):

Stoffwechselgesundheit der Hochleistungskuh – Herausforderung für Landwirt und Tierarzt.

Arch. Tierz. Sonderheft 40, 108-112

SCHULDT, A. (1989):

Einfluss der Getreideart, der technischen Behandlung von Getreide sowie der Rationsgestaltung auf Ort und Ausmaß der Verdauung der Getreidestärken in Milchkühen.
Dissertation, Agrarwissenschaftliche Fakultät, Kiel

SCHWARZ, F. J., PEX E. J., KIRCHGEBNER, M. (1996):

Zum Einfluss von Silomais auf Verdaulichkeit und Energiegehalt von Maissilagen bei Rind und Schaf.

Das wirtschaftseigene Futter 42, 161-172

SCHWARZ, F. J., ETTLE, T. (2000):

Erntezeitpunkt, Sorte und deren Einfluss auf Inhaltstoffe, Verdaulichkeit und in situ-Abbaubarkeit der Stärke von Silomais.

Landbauforschung Völkenrode 217, 102-115

SINGLETON, A. G. (1961):

The electromagnetic measurement of the flow of digesta through the duodenum of the goat and the sheep.

J. Physiol. 155, 134-147

SLYTER, L.L., SATTER, L. D. UND DINIUS, D. A. (1979):

Effect of ruminal ammonia concentration on nitrogen utilization by steers.

J. Anim. Sci. 48, 906-912

ST-PIERRE, N. R., BOUCHARD, R., ST-LAURENT, G. L., VINET, C., ROY, G. L. (1983):

Effects of stage of maturity and frost on nutritive value of corn silage for lactating dairy cows.

J. Dairy Sci. 66, 1466-1473

STERN, M.D., BACH, A. (1997):

Alternative Techniques for measuring Nutrient digestion in ruminants

J. Anim. Sci. 75, 2256-2276

STREETER, M.N., WAGNER, D.G., HIBBERED, C.A., MITCHEL, C.A., OLTJEN, J.W. (1990):

Effect of variety of sorghum grain on digestion and availability of dry matter and starch in vitro.

Anim. Feed Sci. Technol. 29, 279-187

STRITZLER, N.P., HVELPLUND, T. A., WOELSTRUP, J. (1990):

The influence of the position in the rumen on dry matter disappearance from nylon bags.

Acta Agric. Scan. 40, 363-366

SUTTON, J.D., CAMMELL, S.B., PHIPPS, R.H., BEEVER, D.E., HUMPHRIES, D.J. (2000):

The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows. 2. Ruminal and post-ruminal digestion.

Anim. Sci., 391-400

8. Literaturteil

TAMBURINI, A., SANDRUCCI, A., BORREANI, G., SUCCI, G. (1999):

Influence of the stage of maturity on rumen digestibility of two whole plants maize hybrids.
Nutr. Abst. Rev. 70, 2532

TOLERA, A., BERG, T., SUNDSTOL, F. (1999):

The effect of variety on maize grain and crop residue yield and nutritive value of the stover.
Anim. Feed Sci. Technol. 79, 165-177

TOVAR-GOMEZ, M.R., EMILE, J.C., MICHALET-DOREAU, B. (1997):

In situ degradation kinetics of maize hybrid stalks.
Anim. Feed Sci. Technol. 68, 77-88

VALENTIN, S. F., FORBES, J. M., LESCOAT, P. (1999a)

Comparison of the voluntary intake by lactating cows of two maize silages with different in situ dry matter degradability.
Ann. Zootech. 48., 211-218

VALENTIN, S. F., WILLIAMS, P. E., FORBES, J. M. (1999b)

Comparison of the in vitro gas production technique and the nylon bag degradability technique to measure short- and long- term processes of degradation of maize silage in dairy cows.
Anim. Sci. Techn. 78, 81-99

VAN SOEST, P. J. (1982):

Nutritional ecology of the ruminant.
O & B Books Inc., Corvallis

VAN SOEST, P. J., MCDONALD, I. W., WARNER, A. C. I. (1975):

Digestion and metabolism in the ruminant.
Uni. New England Publ. Unit., Armidale, 351

VAN SOEST, P. J., MERTENS, D. R., DEINUM, B. (1978):

Preharvest factors influencing quality of conserved forage
Anim. Sci. 47, 712-720

VAN SOEST, P. J., MERTENS, D. R. (1984):

Monsanto Tech. Symp., Fresno, 75

VAN SOEST, P. J. (1985):

In recent advances in Animal nutrition.
Haresign and Cole, Butterworths Pub., 55

VAN SOEST, P. J., JONES, L. H. P. (1988):

Trace element analytical chemistry in medicine and biology.
Walter de Gruyter & Co., Berlin

8. Literaturteil

VARGA, G.A., HOOVER, W.H. (1983):

Rate and extent of Neutral Detergent Fibre degradation of feedstuff.
J. Dairy Sci. 66, 2109-2115

VERBIC, J., STEKA, J.M.A. (1995):

Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding.
Anim. Feed Sci. Technol. 54, 133-148

VERBIC, J., BABNIK, D. (1997):

Ruminal starch digestion and microbial protein supply in sheep given maize silage made from dent or flint type hybrid.
Commission on Anim. Nutr., Session 57

VESASILP, T. (1986):

Starch digestion in ruminants.
Dissertation, Fachbereich Agrarwiss., Kiel

VOIGT, J., STEEGER, H. (1967):

Zur quantitativen Bestimmung von Ammoniak, Harnstoff und Ketonkörper in biologischem Material mit Hilfe modifizierten Mikrodiffusionsgefäßen.
Arch. Anim. Nutr. 17

WALDO, D. R. (1973):

Extent and partition of cereal grain starch digestion in ruminants.
J. Anim. Sci. 37, 1062-1074

WARNER, A. C. I. (1981):

Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds.
Nutr. Abstr. Rev. 51, 789-820

WEISBJERG, M. R., BHARGAVA, P. K., HVELPLUND, T. A. (1990):

Use of degradation curves in feed evaluation.
In: Report from the National Institute of Anim. Sci., Denmark 679

WEISS, W. P., FISHER, G.R., ERICKSON, G. M. (1989):

Effect of source in NDF and starch on nutrient utilization by dairy cows.
J. Dairy Sci. 72, 2308-2315

WELLER, R.F., PHIPPS, R.H. (1986):

The feeding value of normal and brown midrib-4 maize silage.
J. agric. Sci. 103, 31-35

WERMKE, M. (1985):

Trockenmasse-(TM)-Ertrag, Gerüstsubstanzengehalt und Verdaulichkeit von Silomais in Abhängigkeit von Genotyp, Pflanzenalter und Standort.
Landwirtschaftliche Forschung 38, 384-394

8. Literaturteil

ZSCHEISCHLER, J., GROß, F., HEPTIG, L. (1974):
Einfluss von Schnittzeit, Sorte und Standweite auf Ertrag und Futterwert von Silomais
Bayr. Landw. Jb. 51, 613-639

9 Anhang

Anhang 1: Zusammensetzung der Mineralstoffmischung für Milchkühe im Stoffwechselversuch

CIMBRIA 1101 ADE Super 5- Mineralfutter für Milchvieh, Inhaltstoffe (je kg), Fütterung: 200 g je Tier und Tag

Calcium:	175 g
Natrium:	100 g
Phosphor:	50 g
Magnesium:	30 g
Eisen:	1,5 g
Mangan:	2 g
Zink:	6 g
Kupfer:	1,2 g
Jod:	30 mg
Kobalt:	20 mg
Selen:	40 mg
Vitamin A:	1.000.000 IE
Vitamin D ₃ :	1.00.000 IE
Vitamin E:	2000 IE

Anhang 2: Zusammensetzung der Borsäure (NH₃-N-Bestimmung im Pansensaft während des in sacco-Versuches und des Stoffwechselversuches)

5 g H₃BO₃ in 200 ml Äthylalkohol und 10 ml Indikatorlösung (0,033 Bromkresolgrün und 0,066 g Methylrot in 100 ml Alkohol) auflösen und auf 1000 ml bidest. H₂O auffüllen.

Anhang 3: Gehalte von Rohnährstoffen, Zellwandbestandteilen und Stärke in den vier Maishybriden (n=7) aus dem Erntejahr 1998 im Fahrsilo (ETTLE 2001)

Maissilage T (%)	OS	XP	XL	XF	XS	NDF*	ADF*	Lignin*
Avenir 37,2	96,4 ±0,1	7,6 ±0,1	3,0 ±0,1	19,1 ±0,5	36,7 ±1,4	41,4	21,0	2,7
CGS5104 36,5	96,4 ±0,1	7,9 ±0,1	3,0 ±0,1	20,4 ±0,7	31,3 ±0,4	48,2	23,1	3,1
Byzance 35,5	96,5 ±0,2	7,7 ±0,2	3,2 ±0,1	20,3 ±0,4	28,6 ±0,4	42,7	21,4	2,8
CGS5107 36,6	96,7 ±0,2	8,1 ±0,2	2,9 ±0,1	20,3 ±0,9	28,9 ±2,5	45,3	22,5	3,0

* Die Analysenwerte der Parameter NDF, ADF und Lignin wurden vor der Silierung erhoben und sind vom Autor ohne Streuungen angegeben.

Anhang 4: Drei Stunden nach Beginn der Morgenfütterung im Pansen von fistulierten Milchkühen (n=3) ermittelte Parameter bei Verfütterung von Maissilage, Versuch zur in sacco-Inkubation, Versuch 1 (V1): Inkubation von Restpflanzen und Körnern, Versuch 2 (V2): Inkubation von Maissilagen

Parameter	V1 (n=3)	V2 (n=3)
pH-Wert	6,02 ±0,03	5,87 ±0,41
NH ₃ -N (mg/100ml)	9,02 ±1,01	7,48 ±1,34
Flüchtige Fettsäuren in (Mol%)		
Essigsäure	60,8 ±0,5	61,0 ±1,5
Propionsäure	19,5 ±0,5	19,2 ±1,2
Iso-Buttersäure	0,9 ±0,2	0,9 ±0,1
Buttersäure	15,1 ±0,1	15,1 ±1,2
Iso-Valeriansäure	1,8 ±0,2	1,7 ±0,2
Valeriansäure	2,0 ±0,2	2,0 ±0,4
Verhältnis C ₂ :C ₃	3,1 : 1,0	3,2 : 1,0

9. Anhang

Anhang 5: Mittlerer Trockensubstanzabbau (n=6) unsilierter Restpflanzen von vier Maishybriden und zwei Erntezeitpunkten (in % der Einwaage)

Hybriden	Inkubationszeit in Stunden							
	0	2	4	8	12	24	48	72
Avenir 29.09.98	23,8 ±0,2	27,3 ±0,4	29,8 ±0,9	32,2 ±1,7	32,7 ±0,2	42,2 ±0,9	55,5 ±2,3	61,7 ±8,5
Avenir 06.10.98	23,2 ±0,51	26,7 ±0,8	28,4 ±0,8	30,9 ±0,7	32,0 ±0,5	39,4 ±1,2	55,1 ±0,8	61,9 ±1,8
CGS5104 29.09.98	33,0 ±1,0	36,9 ±0,8	37,0 ±0,2	37,8 ±1,6	37,8 ±0,2	46,0 ±2,5	54,4 ±5,3	56,2 ±2,1
CGS5104 06.10.98	31,2 ±0,82	34,3 ±0,1	34,1 ±0,3	35,8 ±0,1	36,0 ±1,3	44,7 ±0,6	53,8 ±0,4	55,2 ±1,1
Byzance 29.09.98	30,6 ±0,1	34,5 ±0,7	36,5 ±0,9	38,0 ±1,0	40,3 ±2,7	43,9 ±0,4	59,4 ±0,3	63,2 ±2,3
Byzance 06.10.98	24,3 ±0,3	25,9 ±0,4	34,3 ±0,7	34,8 ±0,5	37,2 ±1,3	42,6 ±2,2	55,5 ±1,4	61,0 ±1,8
CGS5107 29.09.98	28,4 ±0,4	32,9 ±0,6	32,7 ±0,4	36,6 ±0,9	39,0 ±1,4	44,5 ±0,1	53,5 ±3,1	56,1 ±0,6
CGS5107 06.10.98	28,0 ±0,8	29,5 ±0,3	31,4 ±0,3	33,8 ±1,1	34,4 ±1,1	43,5 ±2,0	52,6 ±0,1	53,5 ±3,1

Anhang 6: Signif. der Differenzen ($p < 0,05$) zwischen den Hybriden bezüglich des T-Abbaus ihrer Restpflanzen

<u>Erntezeitpunkt der Restpflanzen : 29.09.98</u>																									
Inkubationszeiten																									
		0				4				8				12				24				48			
Sorte*	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
A		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	-		X	-	-		-	X	X	
B			-	-			-	X			X	-			-	X			X	-			X	-	
C				-				X				X				X				-				X	

<u>Erntezeitpunkt der Restpflanzen : 06.10.98</u>																									
Inkubationszeiten																									
		0				4				8				12				24				48			
Sorte*	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
A		X	-	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	-	X		-	-	-	
B			X	X			X	X			X	-			-	-			-	-			-	-	
C				X				X				X				-				-				-	

* Sorten : A=Avenir, B=CGS5104, C=Byzance ; D=CGS5107
 X= statistisch abzusichernder Unterschied ($p < 0,05$)

9. Anhang

Anhang 7: Mittlerer Trockensubstanzabbau (n=6) unsilierter Körner von vier Maishybriden und drei Erntezeitpunkten (Abbau in % der Einwaage)

Hybriden	Inkubationszeit in Stunden							
	0	2	4	8	12	16	24	48
Avenir 22.09.98	41,2 ±0,3	47,8 ±2,0	46,0 ±2,8	57,3 ±2,1	69,3 ±0,3	77,7 ±1,3	90,2 ±1,2	94,9 ±1,0
Avenir 29.09.98	40,9 ±2,1	36,1 ±3,9	31,7 ±3,9	54,2 ±2,3	64,6 ±1,9	71,1 ±1,8	89,4 ±1,6	92,5 ±0,6
Avenir 06.10.98	39,0 ±0,9	46,4 ±0,7	44,1 ±1,7	53,9 ±1,0	64,1 ±0,5	71,6 ±1,9	88,7 ±2,2	91,6 ±0,5
CGS5104 22.09.98	58,0 ±1,9	63,8 ±1,5	64,1 ±1,9	73,7 ±0,9	77,3 ±2,5	86,4 ±2,9	93,0 ±2,0	93,4 ±2,3
CGS5104 29.09.98	52,2 ±2,3	57,5 ±1,3	52,3 ±2,5	70,1 ±1,3	76,7 ±0,6	85,5 ±2,8	90,4 ±1,4	94,0 ±2,5
CGS5104 06.10.98	46,7 ±2,5	52,4 ±0,6	50,7 ±1,1	64,9 ±1,4	68,6 ±3,2	79,4 ±1,5	91,5 ±1,8	93,9 ±1,3
Byzance 22.09.98	53,2 ±1,2	57,9 ±2,7	58,6 ±1,6	62,6 ±2,0	71,8 ±2,8	78,4 ±3,2	86,3 ±5,0	92,5 ±3,4
Byzance 29.09.98	53,0 ±2,3	57,8 ±2,5	56,6 ±1,0	60,6 ±2,0	68,8 ±0,9	76,1 ±2,9	86,0 ±1,9	92,4 ±1,3
Byzance 06.10.98	48,3 ±1,2	53,6 ±1,5	56,2 ±0,9	59,9 ±1,9	66,3 ±2,7	73,8 ±1,7	82,8 ±2,6	90,9 ±1,6
CGS5107 22.09.98	57,0 ±2,0	62,8 ±1,2	65,9 ±2,5	79,3 ±2,0	82,0 ±2,1	85,8 ±1,8	91,4 ±2,9	97,4 ±0,5
CGS5107 29.09.98	48,0 ±1,6	57,4 ±1,2	61,6 ±1,2	74,7 ±2,3	79,0 ±2,9	81,6 ±2,1	86,8 ±2,2	96,7 ±0,7
CGS5107 06.10.98	47,3 ±1,5	57,7 ±1,2	62,4 ±1,3	67,9 ±2,3	73,4 ±1,3	78,5 ±1,4	86,1 ±1,8	91,5 ±2,3

Anhang 8: Signif. der Differenzen ($p < 0,05$) zwischen den Hybriden bezüglich des T-Abbaus ihrer Körner

<u>Erntezeitpunkt der Körner : 22.09.98</u>																								
Inkubationszeiten																								
	0				4				8				12				16				24			
Sorte*	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
A		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	-	X		X	-	X		-	-	-
B			-	-		X	-			X	X			X	-			X	-			-	-	-
C				X			X				X				X				X					-

<u>Erntezeitpunkt der Körner : 29.09.98</u>																								
Inkubationszeiten																								
	0				4				8				12				16				24			
Sorte*	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
A		X	X	X		X	X	X		X	-	X		X	-	X		X	-	X		-	-	-
B			-	-		-	X			X	-			X	-			X	-			-	-	-
C				X			-				X				X				X					-

<u>Erntezeitpunkt der Körner : 06.10.98</u>																								
Inkubationszeiten																								
	0				4				8				12				16				24			
Sorte*	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
A		X	X	X		X	X	X		X	X	X		-	-	X		X	-	X		-	X	-
B			-	X			X	X			-	X			-	X			X	-			X	X
C				X				X				X				X				X				X

* Sorten : A=Avenir, B=CGS5104, C=Byzance ; D=CGS5107
X= statistisch abzusichernder Unterschied ($p < 0,05$)

Anhang 9: Mittlerer Trockensubstanzabbau (n=6) der vier Maissilagehybriden (Abbau in % der Einwaage)

Hybriden	Inkubationszeit in Stunden								
	0 ¹	2	4	8	12	24	48	72	96
Avenir	64,1 ^a ±0,8	56,2 ±1,4	64,6 ^a ±0,4	65,4 ^b ±0,7	67,4 ±1,0	73,0 ±2,3	82,0 ±1,3	83,8 ±2,5	84,1 ^a ±0,8
CGS5104	58,2 ^{ab} ±2,3	62,4 ±2,2	63,2 ^a ±1,3	64,8 ^c ±0,3	67,9 ±1,0	70,7 ±1,5	73,2 ±1,0	76,3 ±0,5	78,2 ^c ±0,5
Byzance	56,1 ^b ±0,7	64,5 ±1,9	63,4 ^b ±2,3	65,8 ^b ±0,6	68,8 ±0,6	70,6 ±0,3	75,6 ±0,8	78,6 ±2,8	80,5 ^b ±0,9
CGS5107	59,3 ^{ab} ±0,7	57,2 ±0,1	63,3 ^{ab} ±1,4	67,1 ^a ±0,8	68,5 ±1,5	70,5 ±0,3	75,6 ±0,2	76,5 ±0,5	78,7 ^c ±0,1
\bar{x}	59,4	60,1	63,6	65,8	68,2	71,2	76,6	78,8	80,4

a-c) unterschiedliche Buchstaben in einer Spalte kennzeichnen signifikante Unterschiede (P<0,05)

¹ Auswaschverlust

Anhang 10: Parameter der Abbaukurven (a, b, c) der Trockensubstanz von den vier Maishybriden aus dem in sacco-Versuch (nach ØRSKOV und MCDONALD 1979)

Maishybriden	a	b	c
Avenir	60,1	26,7	0,03
CGS5104	60,1	17,7	0,04
Byzance	60,1	20,5	0,04
CGS5107	59,3	18,7	0,05

Anhang 11: Mittlerer NDF-Abbau (in %) der vier Maissilagen

Hybriden	Inkubationszeit in Stunden								
	0 ¹	2	4	8	12	24	48	72	96
Avenir	20,9	26,1	23,6	25,9	24,2	35,7	52,7	62,0	64,1
CGS5104	17,6	28,0	23,6	29,4	33,7	38,2	44,7	51,3	59,5
Byzance	12,5	19,4	22,2	24,9	30,5	34,6	46,4	49,5	57,9
CGS5107	23,8	16,8	33,4	38,5	41,4	42,9	50,9	60,3	66,8
\bar{x}	18,7	22,6	25,7	29,7	32,5	37,9	48,7	55,8	62,1

¹ Auswaschverlust**Anhang 12: Parameter der Abbaukurven (a, b, c) von NDF der vier Maishybriden aus dem in sacco-Versuch (nach ØRSKOV und MCDONALD 1979)**

Maishybriden	a	b	c
Avenir	20,9	52,2	0,02
CGS5104	22,5	42,3	0,02
Byzance	16,4	43,4	0,03
CGS5107	24,3	41,6	0,03

Anhang 13: Scheinbare Verdaulichkeit der Maissilagen, Hammelversuch Weihenstephan (ETTLE 2001)

T/OS/Nährstoffe	Avenir	CGS5104	Byzance	CGS5107
Verdaulichkeit %				
T	79,6 ±2,7	75,6 ±2,0	74,3 ±2,3	75,5 ±1,1
OS	80,5 ±2,3	76,3 ±2,0	75,3 ±2,3	76,5 ±0,9
Rohfaser	70,3 ±3,1	64,4 ±3,2	61,6 ±4,4	65,0 ±1,3
Rohfett	81,7 ±2,6	78,7 ±4,6	77,2 ±3,0	75,2 ±2,2

9. Anhang

Anhang 14: Zeitlicher Verlauf des pH-Wertes im Pansen der Milchkühe (n=4)

Minuten nach Fütterungsbeginn	Maissilagehybriden			
	Avenir	CGS5104	Byzance	CGS5107
0	7,08 ±0,10	6,99 ±0,13	7,11 ±0,35	7,19 ±0,22
30	6,53 ±0,06	6,47 ±0,07	6,84 ±0,49	6,78 ±0,64
60	6,24 ±0,06	6,33 ±0,10	6,28 ±0,36	6,37 ±0,41
90	6,29 ±0,19	6,23 ±0,12	6,14 ±0,35	6,23 ±0,41
120	5,96 ±0,19	5,81 ±0,28	6,14 ±0,37	6,08 ±0,50
180	5,60 ±0,21	5,84 ±0,15	6,07 ±0,57	5,98 ±0,52
300	5,98 ±0,55	5,98 ±0,38	6,05 ±0,18	6,26 ±0,17

Anhang 15: Zeitlicher Verlauf der NH₃-N- Konzentration(mg/100ml) im Pansen (n=4)

Minuten nach Fütterungsbeginn	Maissilagehybriden			
	Avenir	CGS5104	Byzance	CGS5107
0	6,72 ±0,35	6,04 ±0,60	7,94 ±2,62	6,38 ±1,86
30	11,59 ±1,75	14,38 ±1,17	14,65 ±7,46	9,96 ±4,64
60	12,65 ±2,46	14,69 ±3,33	18,64 ±3,28	14,66 ±2,54
90	10,95 ±3,76	14,75 ±2,13	18,22 ±3,35	14,43 ±2,85
120	10,08 ±5,34	12,86 ±2,69	15,38 ±1,22	15,49 ±2,23
180	7,94 ±3,95	9,11 ±4,82	13,79 ±3,19	10,84 ±2,09
300	2,64 ±0,64	5,87 ±3,93	8,41 ±4,56	4,36 ±2,59

DANKSAGUNG

Ich danke den Herren Prof. Dr. H. Scholz und Prof. Dr. G. Flachowsky für die Überlassung des Themas und die gewährten Arbeitsmöglichkeiten am Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig, sowie für die Betreuung der Arbeit in Braunschweig und Hannover.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. P. Lebzien für seine fachliche und praktische Hilfe bei der Versuchsdurchführung, bei der Auswertung und Diskussion der Ergebnisse sowie für die sehr gute Betreuung. Vor allem danke ich ihm für die wertvolle Unterstützung in der Endphase, die wesentlich zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beitrug.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn Jagow, Herrn Hillendahl und Herrn Ecky für die jederzeit gewährten Hilfen und für die Bearbeitung der Chrom-, FFS bzw. Stärke-Analysen; bei Frau Hillendahl, Frau Oelstrom und Frau Gollum für die WEENDER Analytik und die Unterstützung bei der stundenlangen NDF-Kocherei. Herrn König und Ecky möchte ich zudem noch ein Dankeschön für die Aufheiterungen im einsamen Wägeraum bei unendlich vielen Nylonbeuteln aussprechen! Außerdem gilt mein Dank Herrn Voges und Herrn Wolters für die Unterstützung der Probenaufarbeitung bzw. Herrn Mundstock für die Betreuung und Versorgung der Fistelkühe und die Hilfe während der einzelnen Versuchsperioden.

Allen Mitarbeitern und Doktoranden, die sich an den zahlreichen Tages- und Nachtschichten während der Chymussammelperiode beteiligten, möchte ich herzlich danken. Heiko und den Hasis danke ich für die Beseitigung der zahlreichen Computerprobleme, die teilweise haarsträubend waren. Meiner Zimmerkollegin und Mitdoktorandin Moni einen ganz lieben Dank für die immer wieder aufmunternden Worte und dem „Du schaffst das schon“ - Ausspruch, den ich von ihr täglich hören wollte. Außerdem möchte ich all jenen danken, die mir allzeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden haben.

Herrn D.-D. Strauß danke ich für die Hilfe bei der statistischen Auswertung, für die Bearbeitung der englischen Summary möchte ich mich bei Herrn Dr. H. Böhme herzlich bedanken.

Meinem „Trainer“ Herrn Dr. A. Berk danke ich für die vielen Jogging-Runden um das FAL-Gelände, die mich für diese Zeit „fit“ hielten.

Meinen Jungs aus meiner WG im Magnitorwall habe ich nach einem oft anstrengenden Dokortag viele gemütliche Abende in unserer pinken Küche zu verdanken, die meine Zeit in Braunschweig unvergesslich machen.

Bei TÄ Andrea Stolz, Jasmin und Maike bedanke ich mich für die schöne „praktische Zeit“, ich habe viel gelernt und bin immer gern „mal rüber“ gekommen!!

Bei allen meinen Hannoveranern, besonders bei meiner Belli und der „Lutherstraße“, die mir immer wieder Asyl gewährten, bedanke ich mich ganz herzlich.

Meiner Mutter, die mich in den beiden Braunschweig-Jahren umsorgte und mir stets zur Seite stand, danke ich ganz besonders für das Verständnis und die Unterstützung bei der Fertigstellung meiner Arbeit.