

# *Futterwert aktueller Silomaissorten: In situ-Abbau der Trockenmasse der Restpflanze sowie in vivo- Verdaulichkeit der Roh Nährstoffe der Ganzpflanze*

Masterarbeit

Karina Simone Müller

Matrikelnummer: 0411280

**Beurteiler:**

Univ.-Doz. DI Dr. L. Gruber

**Betreuer:**

Univ.-Doz. DI Dr. L. Gruber

DI M. Urdl

*Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein*

*Institut für Nutztierforschung*

Ao. Univ.-Prof. DI Dr. W.F. Knaus

*Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme*

*Institut für Nutztierwissenschaften*

*Wien, Oktober 2011*



## **Danksagung**

Mein Dank gebührt Herrn Univ.-Doz. DI Dr. L. Gruber für die Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Literaturrecherche.

Dank gilt auch Herrn DI Marcus Urdl für die Betreuung der Masterarbeit. Seine Geduld und die konstruktive Kritik haben wesentlich zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen.

Des Weiteren möchte ich mich bei Herrn Ao. Univ.-Prof. DI Dr. W.F. Knaus für die Betreuung seitens der Universität für Bodenkultur bedanken.

Danken möchte ich dem Stallpersonal für die Unterstützung bei der Versorgung der Ochsen.

Bedanken möchte ich mich bei meiner Familie für die finanzielle und mentale Unterstützung. Ganz besonders danke ich meiner Schwester für ihr Verständnis und ihre Hilfe in allen Belangen. Sie hat wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Ein großer Dank gilt meinen Freunden die immer ein offenes Ohr für mich hatten und mir neue Perspektiven eröffneten.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
1.1	Ziele	7
1.2	Arbeitshypothesen	8
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Mais in der Fütterung</b>	<b>9</b>
2.1.1	Botanische Merkmale der Maispflanze	9
2.1.2	Der Reifeverlauf der Maispflanze- Auswirkungen auf TM- und Nährstoffgehalt	11
2.1.3	Sortenunterschiede und deren Auswirkungen auf den Futterwert von Silomais	13
2.1.4	Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Futterwert von Silomais	15
<b>2.2</b>	<b>Die in situ-Methode</b>	<b>16</b>
2.2.1	Einflussfaktoren auf das Ergebnis von <i>in situ</i> -Untersuchungen	18
2.2.2	Das Mathematische Modell zur Berechnung des ruminalen Trockenmasseabbaus	25
<b>2.3</b>	<b>In vivo-Verdaulichkeitsprüfung</b>	<b>27</b>
2.3.1	Tierbedingte Einflüsse	27
2.3.2	Rationsbedingte Einflüsse	28
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>30</b>
<b>3.1</b>	<b>Aufbau des Projekts</b>	<b>30</b>
<b>3.2</b>	<b>Futtermittel</b>	<b>30</b>
3.2.1	Anbaugebiet und Erntezeitpunkt	33
<b>3.3</b>	<b>In situ-Methode</b>	<b>33</b>
3.3.1	Vorbereitung des Probenmaterials	33
3.3.2	Vorbereitung der Nylon-bags	34
3.3.3	Einwaage des Probenmaterials	36
3.3.4	Der Inkubationsplan	36
3.3.5	Die Versuchstiere	37
3.3.6	Der Inkubationsvorgang	37
3.3.7	Bestimmung der Auswaschungsverluste	39
3.3.8	Bestimmung der Trockenmasse	40

<b>3.4</b>	<b>In vivo-Verdaulichkeitsversuch .....</b>	<b>40</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1</b>	<b>TM-Abbau der Restpflanzensilage im Pansen .....</b>	<b>43</b>
4.1.1	TM-Gehalt der Restpflanze .....	43
4.1.2	Die Nährstoffzusammensetzung der Restpflanze .....	46
4.1.3	Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Parameter des TM-Abbaus im Pansen .....	49
4.1.4	Effektive Abbaubarkeit.....	53
4.1.5	<i>In situ</i> TM-Verluste der Restpflanze .....	55
<b>4.2</b>	<b>Bestimmung der Verdaulichkeit in vivo mit Hammeln .....</b>	<b>61</b>
4.2.1	TM-Gehalt und Nährstoffzusammensetzung der Maissilagen .....	61
4.2.2	Ergebnisse zur scheinbaren Verdaulichkeit .....	63
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerung .....</b>	<b>68</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>69</b>
<b>7</b>	<b>Abstract.....</b>	<b>70</b>
<b>8</b>	<b>Quellenverzeichnis.....</b>	<b>72</b>
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>82</b>
<b>10</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>83</b>
<b>11</b>	<b>Abkürzungen .....</b>	<b>84</b>

# 1 EINLEITUNG

Der Anbau von Silomais ist in der österreichischen Landwirtschaft von großer Bedeutung. Silomais ist aufgrund seines hohen Nährwertes, des hohen Ertragspotentials und der guten Siliereignung eine der wichtigsten Energiequellen in Milch- und Mastviehrationen (DACCORD et al. 1995). Die landwirtschaftliche Nutzfläche in Österreich liegt bei 3,191.000 ha. Knapp die Hälfte davon entfallen auf Ackerflächen. Der Anbau von Feldfutterpflanzen, wie beispielsweise Silomais nimmt davon 17,5 % ein. Im Jahr 2009 betrug die Anbaufläche für Silomais 80.336 ha. Dies entspricht knapp 5,9 % der gesamten Ackerfläche. Allerdings ist der Anbau von Silomais österreichweit ungleichmäßig verteilt. Die wichtigsten Silomaisanbaugebiete sind in Niederösterreich und Oberösterreich sowie in der Steiermark und in Kärnten zu finden (GRÜNER BERICHT 2010). Dies liegt einerseits daran, dass westliche Bundesländer wie Tirol oder Vorarlberg aufgrund ihrer topographischen Lage über weniger Ackerflächen verfügen. Zum anderen stellt die Maispflanze im Vergleich zu anderen Ackerkulturen, höhere Ansprüche an die klimatischen Bedingungen und ist daher in den alpinen Klimaten weniger häufig anzutreffen. Durch pflanzenzüchterische Maßnahmen und die Einführung von frühreifen Sorten konnte das Anbauggebiet von Silomais aber immer weiter ausgedehnt werden (HEIN und GRUBER 2003).

Der Silomaisanbau ist mit der Haltung von Wiederkäuern, insbesondere von Rindern eng verbunden. Die Rinderhaltung in Österreich ist tendenziell rückläufig. Gab es beispielsweise im Jahr 1980 noch 2,52 Millionen Rinder so waren es 2009 nur noch 2,02 Millionen. Auch die Anzahl der rinderhaltenden Betriebe ist von 178.324 im Jahr 1980 auf 73.466 im Jahr 2009 gesunken. Ein Anstieg kann hingegen bei großstrukturierten Betriebe mit einem Viehbestand von mindestens 50 Stück festgestellt werden. Zwischen 2005 und 2007 konnte eine Zunahme von 16,5 % für jene Betriebe verzeichnet werden, die eine Betriebsgröße von mehr als 100 Rindern aufweisen konnten (GRÜNER BERICHT 2010). Besonders großstrukturierte Betriebe setzten auf eine hohe Leistung ihrer Tiere, um auf diese Weise den größtmöglichen betriebswirtschaftlichen Erfolg sicherzustellen. Eine Möglichkeit dafür ist die Aufnahme von qualitativ hochwertiger Maissilage in die Ration. Silomais ist ein energiereiches Grundfuttermittel welches auf dem eigenen Betrieb erzeugt wird und sich damit positiv auf die Nährstoffflüsse am Betrieb auswirkt.

Maissilage kann als energiereiches Raufuttermittel bezeichnet werden. Sie stellt eine optimale Kombination aus vegetativen und generativen Pflanzenteilen dar. Die Vorteile des Einsatzes von Silomais in der Fütterung von Wiederkäuern liegen einerseits im hohen Energie- und Nährstoffgehalt, welcher hauptsächlich vom Stärkegehalt im Kolben herrührt. Andererseits ist durch den Anteil der Restpflanze ein guter Strukturwert gegeben

(DACCORD et al. 1995, SPIEKERS et al. 2009). Besonders bei hochleistenden Tieren steigt der Krafftutteranteil in der Ration an und damit besteht ein erhöhtes Risiko des Auftretens von Stoffwechselerkrankungen. Maissilage kann daher einen wichtigen Beitrag zur Faserversorgung und damit zur Wiederkäuergerechtigkeit der Ration leisten.

Eine hohe Verdaulichkeit und Futteraufnahme der Maissilage ist jedoch von mehreren Faktoren abhängig. Hier sind einerseits standortbedingte Voraussetzungen wie die Durchschnittstemperatur und Wasserversorgung zu nennen. Auch technische Faktoren wie Schnitthöhe, Häcksellänge und Konservierung üben einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Silage aus. Besondere Auswirkungen auf die Produktion einer hochwertigen Silage haben die Wahl der Sorte sowie die physiologische Reife der Maispflanze zum Zeitpunkt der Ernte (DACCORD et al. 1995, FLACHOWSKY et al. 1993, HERTER et al. 1996b). Diese beiden Faktoren sind eng miteinander verbunden. Die Wahl der Sorte ist zum Großteil von den Standortbedingungen abhängig. Sie hat aber auch einen entscheidenden Einfluss auf den Nährstoffgehalt und die Verdaulichkeit der Maissilage (SCHWARZ et al. 1996a). Untersuchungen haben ergeben, dass die Beschaffenheit der Zellwandbestandteile einen größeren Einfluss auf die Verdaulichkeit der Gesamtpflanze ausübt als der Stärkeanteil des Kolbens (HERTER et al. 1996a). Pflanzenzüchterische Maßnahmen zielen darauf ab, die Verdaulichkeit der Restpflanze zu erhöhen. Dadurch kommt es zu einem veränderten Abreifeverhalten der Maispflanze. Der optimale Erntezeitpunkt und dessen Ermittlung müssen daher neu diskutiert werden (AMLER 2005, 2009).

## ***1.1 ZIELE***

Diese Diplomarbeit wird im Rahmen eines dreijährigen Forschungsprojektes am LFZ Raumberg-Gumpenstein erstellt. Das Projekt setzt sich zum Ziel den Futterwert von neun aktuellen Silomaissorten anhand verschiedener Methoden zu prüfen.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Ermittlung des TM-Abbaus der Restpflanzensilage mittels der *in situ*-Methode. Dabei soll geklärt werden inwiefern die Faktoren Sorte und Erntezeitpunkt die ruminale Abbaukinetik beeinflussen. Des Weiteren soll die Verdaulichkeit *in vivo* der Nährstoffe der Ganzpflanzensilage verschiedener Silomaissorten überprüft werden.

## ***1.2 ARBEITSHYPOTHESEN***

Es können zwei Arbeitshypothesen aufgestellt werden:

- Die Wahl der Maissorte sowie der Erntezeitpunkt des Silomaisbestandes üben einen Einfluss auf den ruminalen TM-Abbau der Restpflanzensilage aus.
- Die Verdaulichkeit der Nährstoffe *in vivo* der Ganzpflanzensilage wird maßgeblich vom Einfluss der Sorte bestimmt.



## **2 LITERATURÜBERSICHT**

### **2.1 MAIS IN DER FÜTTERUNG**

Die Maispflanze besitzt einen hohen Stellenwert in der Fütterung von Wiederkäuern. Dies ist auf den hohen Nährstofftrag und die sehr hohe Energiekonzentration zurückzuführen. Des Weiteren erzeugt Maissilage ein gutes Verhältnis der Verdauungsprodukte im Pansen. Dadurch ist die Blutzuckerversorgung bei hochleistendem Milch- und Mastvieh garantiert. Da Maisprodukte einseitige Energieträger sind, ist eine Supplementierung mit Eiweißfuttermitteln nötig. Maispflanzen verfügen, aufgrund des hohen Gehaltes an vergärbarem Zucker, über eine relativ gute Konservierbarkeit. Auch aus pflanzenbaulicher Sicht bietet der Maisanbau verschiedene Vorteile. Hier ist die gute Selbstverträglichkeit, der relativ hohe Fruchtfolgewert im Getreidebau, die schlagkräftige Technisierbarkeit sowie die geringe Arbeitskostenbelastung zu nennen (BURGSTALLER 1978).

#### **2.1.1 BOTANISCHE MERKMALE DER MAISPFLANZE**

Der Mais (*Zea mays L.*) gehört zur Familie der Gräser (Gramineen) und hat seinen Ursprung im heutigen Mexiko. Die Abstammung der Maispflanze ist nicht vollständig geklärt, jedoch wird angenommen dass sie sich aus dem Wildgras Teosinte entwickelt hat (ELZEBROEK und WIND 2008).

Die Maispflanze ist im Durchschnitt zwei bis drei Meter hoch. Der Stängel hat einen Durchmesser von bis zu 5 cm und ist markgefüllt. Die Blattanzahl liegt im Mittel bei 8 bis 16 Stück. Je Pflanze sind zwei bis drei Kolben vorhanden, die von Lieschblättern umhüllt sind. Auf den Kolben befinden sich 400 bis 600 Körner. Jedes Korn besteht aus drei Teilen, nämlich der Samenschale (Pericarp), dem Nährgewebe (Endosperm) und dem Keimling (Embryo). Das Nährgewebe hat mit über 80 % den höchsten Anteil am Korn. Aufgrund des hohen Stärkeanteils stellt Mais, nach Weizen und Reis einen der wichtigsten Stärkelieferanten weltweit dar (ELZEBROEK und WIND 2008, ZSCHEISCHLER et al. 1990). Die Erzeugung dieser großen Menge an Biomasse im Vergleich zu anderen Getreidearten innerhalb kurzer Zeit, ist auf eine besondere Art der Photosynthese zurückzuführen. Mais gehört zu den C<sub>4</sub>-Pflanzen und kann damit den zur Verfügung stehenden Kohlenstoff besser nutzen, als dies bei einheimischen C<sub>3</sub>-Pflanzen der Fall ist. Allerdings ist diese Leistung mit höheren Ansprüchen in Bezug auf die Durchschnittstemperatur, den Lichteinfall und die Wasserverfügbarkeit verbunden (FAGERIA et al. 2006).

Mais ist eine einhäusig-getrennt geschlechtliche Pflanze. Die Pollenkörner werden in Rispen am Gipfel des Stängels gebildet und die Stempelblüten sitzen auf den Kolben. Aus jeder Blüte wächst ein fadenförmiger Griffel, welche zusammen eine Quaste bilden, die aus den Lieschblättern herausragt. Diese Griffel können auf ihrer gesamten Länge die Pollenkörner aufnehmen. Die Bestäubung erfolgt durch den Wind. Um eine Selbstbefruchtung zu vermeiden bedient sich die Maispflanze der Protandrie. Das bedeutet, dass die Pollenkörner zwei bis vier Tage früher entlassen werden als die Narbenfäden sichtbar werden (ZSCHEISCHLER et al. 1990). Zur besseren Veranschaulichung sind in Abbildung 2.1-1 die einzelnen Pflanzenteile graphisch dargestellt.

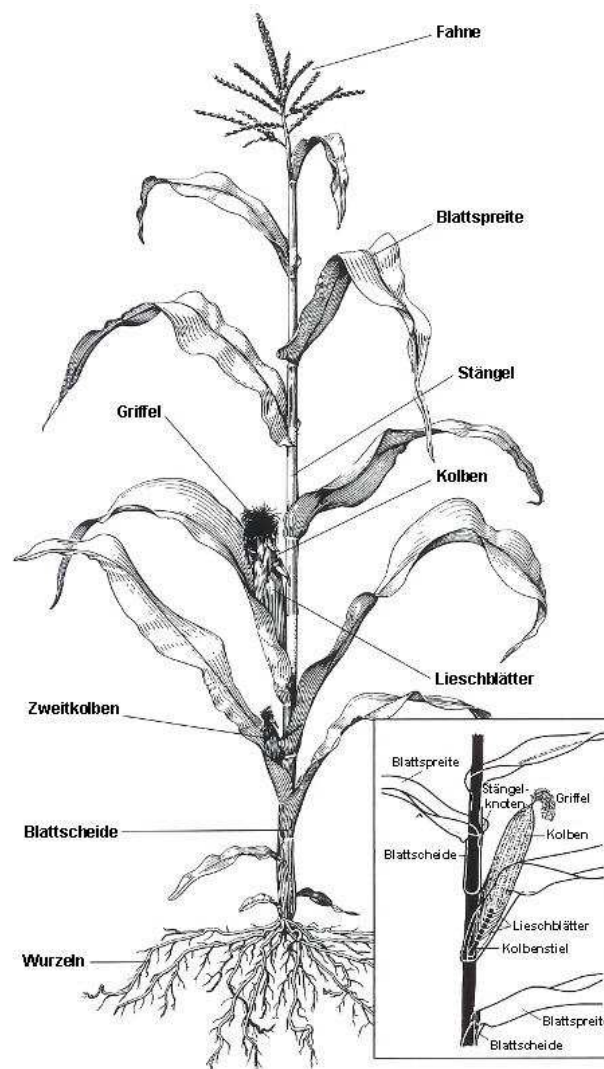


Abbildung 2.1-1: Aufbau einer Maispflanze (ANONYM 2010)

Anhand der Form und Beschaffenheit des Korns bzw. des Nährgewebes lässt sich Mais in sieben verschiedene Gruppen einteilen (ZSCHEISCHLER et al. 1990). Die beiden

wichtigsten Variationen in Bezug auf die Produktion von Futtermais sind der Hart- und der Zahnmais. Es kommen auch Mischungen beider Formen vor. Zahnmais ist durch eine Einkerbung an der Spitze des Korns gekennzeichnet. Sie kommt dadurch zustande, dass nur an den Seiten horniges Nährgewebe vorhanden ist und in der Mitte weiche Stärke liegt, die rascher eintrocknet. Hartmaiskörner sind hingegen ringsum von harter Stärke umgeben. Dadurch kommt es zum gleichzeitigen Vertrocknen der Stärke ohne eine Einbuchtung an der Oberfläche zu verursachen. Weitere, für die Produktion von Futtermais jedoch unbedeutende Variationen sind Puffmais, Zuckermais, Stärkemais, Wachsmas und Spelzmais (ELZEBROEK und WIND 2008, ZSCHEISCHLER et al. 1990).

### **2.1.2 DER REIFEVERLAUF DER MAISPFLANZE- AUSWIRKUNGEN AUF TM- UND NÄHRSTOFFGEHALT**

Das Reifestadium der Maispflanze zum Zeitpunkt der Ernte ist sowohl für den Futterwert als auch für die Ertragsleistung von Silomais von großer Bedeutung. Für die Produktion hochwertiger Maissilagen ist es notwendig, einen möglichst großen Kolbenanteil und einen hohen Stärkegehalt in den Körnern, bei einer gleichzeitig gut verdaulichen Restpflanze zu erreichen. Zwei wichtige Kenngrößen hierfür sind der TM- und der Nährstoffgehalt der Maispflanze zum Zeitpunkt der Ernte. Der TM-Gehalt sowie die Anteile an Rohnährstoffen in Kolben und Restpflanze divergieren erheblich und entwickeln sich während des Reifeverlaufs unterschiedlich (ZSCHEISCHLER et al. 1974, GROSS 1979, PEX et al. 1996).

Mit fortschreitender Reife nimmt der Kolbenanteil an der Gesamtpflanze zu und gleichzeitig steigt auch der TM-Gehalt des Kolbens an (GROSS 1970, GROSS und AVERDUNK 1974). ETTLE et al. (2001) konnten in Versuchen mit Maiskolben einen Anstieg des Kolbenanteils mit zunehmender Reife von 49 auf 61 % feststellen. GROSS und PESCHKE (1980a) fanden heraus, dass zwischen den TM-Gehalten des Kolbens und der Körner eine lineare Beziehung besteht. Sie konnten Zunahmen der TM-Gehalte im Reifeverlauf in den Körnern von 28 auf 76 % und in den Kolben von 30 auf 70 % feststellen. Mit zunehmendem Gehalt der TM im Kolben, steigt auch der Gehalt an Rohnährstoffen an. Jedoch variiert die Zusammensetzung der Nährstoffe in Abhängigkeit der Wachstumsdauer (GROSS 1970). Untersuchungen zeigen, dass es mit steigendem TM-Gehalt zu einer Zunahme der N-freien Extraktstoffe und des Stärkegehaltes kommt. Auch bezüglich des Fettgehaltes ist ein leichter Anstieg zu verzeichnen. Der Gehalt an Rohfaser geht drastisch zurück und auch der Rohproteingehalt sinkt leicht (GROSS 1970, GROSS und PESCHKE 1980a). Damit bleiben der Stärkegehalt und die Energiekonzentration im Kolben über einen weiten Vegetationsbereich konstant hoch (GRUBER et al. 1983).

Unter den Begriff Mais-Restpflanze fallen der Stängel, die Blätter und die Lieschblätter. Ihr Anteil an der Gesamtpflanze geht im Verlauf der Reife zurück. Der TM-Gehalt der Restpflanze ist von Umweltfaktoren stärker beeinflusst als der des Kolbens. Er steigt zu Beginn der Kolbenbildung bis zur Druschreife und liegt zwischen 14 und 28 % (GROSS und PESCHKE 1980a, THOMET et al. 1986). Allerdings ist die positive Korrelation zwischen der Wachstumsdauer und dem TM-Gehalt nicht so stark ausgeprägt wie beim Kolben (GROSS 1970). Während der TM-Gehalt des Kolbens von 20 auf 45 % ansteigt bleibt der Anteil der TM in der Restpflanze relativ konstant bei 16 bis 18 %. Erst am Ende der Reife bei einem TM-Gehalt im Kolben von 45 bis 60 % steigt der Anteil der TM in der Restpflanze durch Austrocknung auf 28 %. Zwischen dem Gehalt an Rohnährstoffen und dem TM-Gehalt besteht nur ein geringer Zusammenhang (GROSS und PESCHKE 1980b). Mit zunehmender Reife steigen der Fasergehalt sowie der Gehalt an Rohasche an. Die Anteile an N-freien Extraktstoffen, Rohfett und Rohprotein sinken (GROSS 1970). GRUBER et al. (1983) konnten einen konstanten bis leicht ansteigenden Rohfett-Gehalt feststellen. In Bezug auf den Futterwert ist der steigende Faseranteil das bedeutendste Merkmal in der Entwicklung der Restpflanze. Mit zunehmendem Vegetationsstadium wird die Rohfaser immer schlechter verdaulich und es kommt zu einem Rückgang im Energiegehalt der Restpflanze.

Zum besseren Verständnis der Umlagerungsvorgänge in der Maispflanze ist in Abbildung 2.1-2 die Nährstoffzusammensetzung der Maispflanze über den Reifeverlauf dargestellt.

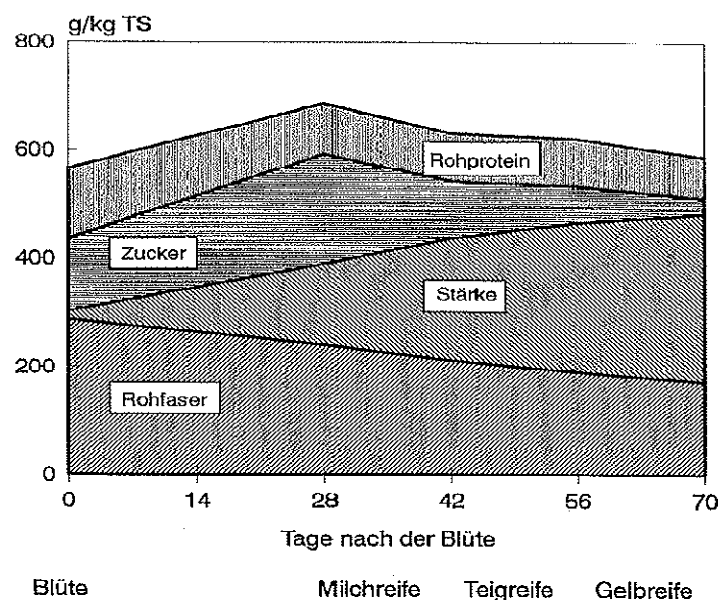


Abbildung 2.1-2: Chemische Zusammensetzung der Maispflanze zu den verschiedenen Reifestadien der Maispflanze (nach DACCORD et al. 1995)

Die unterschiedliche Entwicklung von Kolben und Restpflanze resultiert aus den Translokationsvorgängen der Nährstoffe. Die in der vegetativen Entwicklung produzierten Assimilate werden in Form von Zucker im Stängelparenchym gespeichert. Nach der Blüte

werden die leicht löslichen Kohlehydrate zur Entwicklung des Kolbens und der Körner benötigt. Der Zucker aus dem Stängel wird in den Kolben verlagert und dient dort vor allem dem Aufbau von Stärke. Im Laufe des Reifeprozesses verliert die Restpflanze immer mehr an Zuckerreserven. Es kommt zum vermehrten Aufbau an Strukturkohlehydraten in der Restpflanze (JEROCH et al. 1993).

### **2.1.3 SORTENUNTERSCHIEDE UND DEREN AUSWIRKUNGEN AUF DEN FUTTERWERT VON SILOMAIS**

Für die Produktion einer hochwertigen Maissilage ist die Wahl einer, für die Standortbedingungen optimalen Sorte nötig. Dies geschieht mit Hilfe der Reifezahl anhand derer man zwischen früh-, mittel- und spätreifen Sorten unterscheiden kann. Sie ist die Maßzahl für das Abreifeverhalten einer Maissorte. Eine Differenz in der Reifezahl von zehn Einheiten beschreibt einen Reifeunterschied von ein bis zwei Tagen oder einen Unterschied im TM-Gehalt von 1 bis 2 % (DEUTSCHES MAISKOMITEE 2011).

Bis Mitte der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts galt allgemein die Behauptung, dass ein guter Körnermais auch für die Erzeugung von Maissilage gut geeignet sei (HEPTING 1984). Diese Aussage stimmt bis zu einem gewissen Grad, da im Stadium der Siloreife mindestens die Hälfte der Nährstoffe aus den Körnern kommt. Durch einen höheren Kornanteil kann ein höherer Nährstoffgehalt in der Gesamtpflanze erreicht werden (GROSS 1979). Zum Zeitpunkt der Ernte besteht jedoch etwas weniger als die Hälfte der Maissilage aus Restpflanzenmaterial. Daher sollten die Faktoren welche den Futterwert der Restpflanze negativ beeinflussen nicht außer Acht gelassen werden (IRLBECK et al. 1993). Nach THOMET et al. (1986) sind die Kriterien für einen guten Silomais ein hoher Ganzpflanzenertrag und eine gute Ganzpflanzenverdaulichkeit. GROSS und PESCHKE (1980b) behaupten, dass die energiereichsten Sorten jene sind, die den höchsten Kolbenanteil aufweisen, gleichzeitig aber den niedrigsten TM-Gehalt im Kolben haben. Sie vermuten dass dadurch der Nährstoffgehalt in der Restpflanze am höchsten ist. Bei Körnermaissorten sinkt die Restpflanzenqualität aufgrund der Translokationsvorgänge rascher ab. Daher sind spätreife Sorten hinsichtlich des Ganzpflanzenertrages zu bevorzugen (THOMET et al. 1986).

In den letzten Jahren wurden verschiedene züchterische Maßnahmen ergriffen, um bei einer gleichbleibend hohen Qualität des Kolbens die Verdaulichkeit der Restpflanze zu verbessern. Dazu zählen einerseits die Einführung gentechnisch veränderter Maishybride sowie die Züchtung auf eine bessere Verdaulichkeit in Stängel und Blättern durch eine anhaltende Vitalität der Restpflanze im Reifeverlauf. Beide Möglichkeiten sollen im Folgenden näher erläutert werden.

Im Verlauf der Reife nimmt die Verdaulichkeit der Restpflanze durch einen Anstieg der Gerüstsubstanzen Zellulose und Hemizellulose, sowie durch die zunehmende Lignifizierung vor allem im Stängelbereich ab (HEIN et al. 1996). Mit der Verwendung von „brown-midrib“(bm)-Hybriden soll der Ligningehalt in der Pflanze reduziert und somit der abnehmenden Verdaulichkeit entgegengewirkt werden. Durch Mutation verändert sich die Ligninzusammensetzung der Maispflanze und dadurch wird eine höhere Abbaubarkeit der Gerüstsubstanzen erwirkt. Es gibt insgesamt vier bm-Gene wobei aber das  $bm_3$ -Gen die Zellwandverdaulichkeit am stärksten verbessert (BARRIÈRE et al. 2003). Allerdings kommt es zu Einbußen in Bezug auf die Ertragsleistung. KURTZ et al. (2004) konnten höhere Futteraufnahmen sowie eine höhere ruminale Abbaubarkeit der Restpflanze von  $bm_3$ -Hybriden im Vergleich zu normalen Maishybride feststellen. KÖHLER et al. (1989, 1990) stellten bei vergleichenden Untersuchungen von normalen und  $bm_3$ -Hybriden höhere Verdaulichkeiten und einen durchwegs niedrigeren Ligningehalt der  $bm_3$ -Mutanten fest. Hinsichtlich des NDF- und ADF-Gehaltes konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch TOVAR-GÓMEZ et al. (1997). CONE und ENGELS (1993) stellten weniger große Differenzen in der Abbaubarkeit zwischen  $bm_3$  und normalen Maissorten fest. Nach ihren Ansichten stellt der Ligningehalt keine adäquate Orientierungsgröße bezüglich der Abbaubarkeit der Restpflanze dar. ZELLER (2009) kam ebenfalls zu dem Schluss, dass die Abbaubarkeit der Restpflanze von einigen normalen Hybriden durchaus mit jenen von  $bm_3$ -Hybriden vergleichbar sind.

Nach THOMET et al. (1986) nimmt die Assimilationsfähigkeit der Restpflanze mit Beginn der Blüte ab und ihre Qualität als Futterpflanze geht zurück. Durch Entwicklung sogenannter „stay green“ Sorten soll die Restpflanze im Vergleich zum Kolben weniger rasch abreifen (SCHLAGHECK et al. 2000). Dadurch verspricht man sich eine höhere Verdaulichkeit der Restpflanze über einen längeren Zeitraum und der Energiewert der Maissilage steigt. Neben der besseren Verdaulichkeit sollen die Bestände der „stay-green“ Hybriden höhere Erträge und eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten und Schädlinge aufweisen (WILKINSON und HILL 2003, THOMAS und SMART 1993). Untersuchungen von ETTLE und SCHWARZ (2003) konnten diese Annahmen nicht bestätigen. Beim Vergleich einer „stay green“ und einer „dry down“ Sorte, zeigte letztere einen niedrigeren Fasergehalt sowie einen höheren Anteil an Stärke. Bezüglich der Verdaulichkeit der Maissilagen bestanden nur marginale Unterschiede zwischen den Hybriden, jedoch zeigte die „dry down“ Sorte eine geringfügig bessere Verdaulichkeit. Untersuchungen von HARTMANN et al. (2000) konnten eine bessere Restpflanzenverdaulichkeit bei langsam abreifender Restpflanze feststellen. SCHLAGHECK et al. (2000) kamen in zwei Versuchen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Zwar zeigten einige der getesteten „stay green“ Sorten eine gute Verdaulichkeit, welche

jedoch auch von Sorten mit konventionellem Abreifeverhalten erreicht wurde. Manche „stay green“ Sorten wiesen sogar eine grundsätzlich niedrigere *in vitro* Verdaulichkeit der Restpflanze auf. SCHLAGHECK et al. (2000) kamen zu dem Schluss, dass das Abreifeverhalten der Restpflanze keinen Einfluss auf die Verdaulichkeit und somit auf den Futterwert der Restpflanze ausübt. Eine mögliche Erklärung der unterschiedlichen Eigenschaften bezüglich der Verdaulichkeit von „stay green“ Maissorten ist bei THOMAS und SMART (1993) zu finden. Laut ihren Studien sind verschiedene Arten von Genen für die Abreife der Maispflanze und das längere Grünbleiben der Blätter verantwortlich. Dahinter stehen jedoch unterschiedliche physiologische und biochemische Modifikationen. So kann es, je nach Einfluss bestimmter Gene passieren, dass „stay green“ Sorten, trotz der grünen Farbe der Blätter und ihrer scheinbaren Vitalität photosynthetisch kaum noch aktiv sind. Dadurch kommt es zu Einbußen im Futterwert der Pflanzen.

#### **2.1.4 EINFLUSS DES ERNTEZEITPUNKTES AUF DEN FUTTERWERT VON SILOMAIS**

Die optimale Verwertung von Maissilage in der Wiederkäuerfütterung hängt maßgeblich mit dem Entwicklungsstand der Maispflanze zum Zeitpunkt der Ernte zusammen. Das Vegetationsstadium beeinflusst die Verdaulichkeit sowie die Futterraufnahme von Maissilage. Aufgrund des Abreifeverhaltens der Maispflanze ist die Erzeugung von hochwertiger Maissilage immer ein Kompromiss zwischen einem möglichst hohen Ertrag und einer guten Verdaulichkeit des Futtermittels. Grundsätzlich kann die Reifeentwicklung von Maispflanzen in drei Stufen eingeteilt werden nämlich in Milch-, Teig- und Körnerreife. Einen Anhaltungspunkt hierfür bietet die Entwicklung des Korns bzw. die sogenannte milk line. Sie trennt den flüssigen vom festen Teil des Korns. Der feste Teil des Korns sollte bei der Silierreife die Hälfte bzw. zwei Drittel des Korns einnehmen (SCHROEDER 2004). Die Korn-TM liegt bei 63 bis 64 % (AMLER 2009, 2010), der TM-Gehalt im Kolben ist zwischen 45 und 55 % anzusetzen (GRÜNIG 2006). Jedoch kann die Kornreife aufgrund der unterschiedlichen Reifeprozesse von Korn und Restpflanze nur eine Orientierungshilfe bei der Ermittlung des optimalen Erntezeitpunktes von Silomais darstellen (AMLER 2010). Bis Anfang der Neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts zeigten sich sortenspezifische Unterschiede hauptsächlich in der unterschiedlich schnellen Zunahme der Kolben-TM. Dieser Umstand veränderte sich durch die züchterische Bearbeitung der Restpflanze (siehe Kapitel 2.1.3). Mit zunehmender Reife bestimmt der TM-Gehalt der Restpflanze die Gesamtpflanzen-TM stärker als der Kolbenanteil und die Kolbenreife (HARTMANN et al. 2000). Daher wurde die Ganzpflanzen-TM als Maßstab für die Ermittlung des Erntezeitpunktes herangezogen. Nach derzeitigen Empfehlungen sollte Siliermais bei einer

TM in der Gesamtpflanze zwischen 30 und 35 % geerntet werden (AMLER 2010). Untersuchungen von HARTMANN et al. (2000) belegen, dass Sorten mit langsamer Restpflanzenabreife erst im Bereich von 37 bis 38 % TM-Gehalt in der Ganzpflanze ihr Optimum erreichen. Laut AMLER (2005) ist die Bestimmung des TM-Gehaltes der Gesamtpflanze in der Praxis schwierig und entspricht den spezifischen Anforderungen der Tierproduktion nicht. Grund dafür ist der unterschiedliche Reifegrad von Korn und Restpflanze bei gleichem TM-Gehalt in der Gesamtpflanze. Dies wirkt sich wiederum auf die qualitative Zusammensetzung hinsichtlich Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit der Silage aus (GROSS 1970, 1979). Nach AMLER (2009) sind das Silieroptimum und das Ertragsmaximum mit der physiologischen Reife ident. Sie liegen bei einem TM-Gehalt des Kornes von 60 bis 65 % und einem Stärkegehalt in der Gesamtpflanze von 33%. Die Restpflanzen-TM sollte 24 % nicht überschreiten, da sich ansonsten der Rohfasergehalt stark erhöht. Dies hat negative Konsequenzen auf die Stärkeeinlagerungen, den TM-Ertrag und die Futterenergie. Andererseits können TM-Gehalte in der Gesamtpflanze von 28 bis 33 % aufgrund der geringen Korn-TM von unter 55 % zu Verlusten an Stärke und Energie im Siliergut führen (AMLER 2005).

Zur besseren Kennzeichnung von Silomaisorten empfiehlt AMLER (2005, 2009 und 2010) die Einführung des Silomais-Reifeindex (SRI). Er gibt den TM-Gehalt im Maiskorn in Relation zur Restpflanzenabreife an. Zum Zeitpunkt der Ernte wird ein SRI von 2,6 bis 2,9 empfohlen. Bis dato werden Silomaisorten anhand der Siloreifezahl gekennzeichnet, die neben der Kolben-TM auch die Entwicklung des TM-Gehaltes der Ganzpflanze berücksichtigt (DEUTSCHES MAISKOMITEE 2011). Mit Hilfe des SRI könnten sortenspezifische Eigenschaften jedoch genauer erfasst und die Reproduzierbarkeit der Sortenleistungen besser eingestuft werden (AMLER 2010).

## ***2.2 DIE IN SITU-METHODE***

Bei der Erzeugung landwirtschaftlicher Güter ist es wichtig, die Produktion in ökonomischer Hinsicht zu optimieren um den Kostenfaktor zu senken. Sind aber landwirtschaftliche Nutztiere in die Produktionskette involviert, spielen auch noch andere Faktoren wie Tiergesundheit, ethische Aspekte und Umweltbedingungen eine entscheidende Rolle. Auf alle oben genannten Faktoren hat die Fütterung der Tiere einen erheblichen Einfluss. Eine adäquate Ration fördert das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit der Tiere, soll aber auch dem Prinzip der Kostenminimierung Genüge tun. Dazu ist es einerseits wichtig den Nährstoffbedarf einzelner Tierarten zu kennen und andererseits muss auch der Futterwert einzelner Futtermitteln bekannt sein, um eine entsprechende Ration innerhalb dieser



Rahmenbedingungen zusammenstellen zu können. Zu diesem Zweck sind Untersuchungen, die den Wert von Futtermitteln bestimmen unbedingt notwendig (WEISBJERG und HVELPLUND 2005). Schon im 19. Jahrhundert wurde versucht, durch verschiedene Extraktionsmethoden, den Nährwert von Futtermitteln für Wiederkäuer zu bestimmen und diese in Tabellenwerken zu veröffentlichen. Obwohl Methoden wie die WEENDER Analyse und die *in vitro*-Untersuchung ständig weiterentwickelt wurden, sind sie nur ein Versuch *in vivo*-Bedingungen nachzuahmen (ØRSKOV et al. 1980). Da dynamische Interaktionen im Pansen schwer mit Labormethoden zu simulieren sind, sind für die Bestimmung des Futterwertes Untersuchungen *in vivo*, d.h. am lebenden Tier zu bevorzugen (VANZANT et al. 1998). Eine Möglichkeit hierfür ist die *in situ*-Methode, welche eine bewährte und rasch durchzuführende Untersuchung zur Schätzung des Trockenmasse- und Nährstoffabbaus von Futtermitteln im Pansen darstellt (ØRSKOV et al. 1980).

Sie ist relativ unkompliziert in der Durchführung und liefert hervorragende Ergebnisse zum Abbau der Futtermittel. Die Abbaukinetik wird direkt im Pansen unter natürlichen Bedingungen gemessen. Der Versuch, Futtermittel in stabilen Säckchen im Pansen zu inkubieren wurde erstmals von QUIN et al. (1938) unternommen. Die mit der *in sacco* oder auch Nylon bag-Methode gewonnenen Ergebnisse, werden von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Um die in unterschiedlichen Versuchsanstalten ermittelten Werte miteinander vergleichen zu können und um die Replizierbarkeit der Methode zu gewährleisten, ist zumindest der Versuch einer Standardisierung wie er beispielsweise von HUNTINGTON und GIVENS (1995) sowie VANZANT et al. (1998) unternommen wurde, unabdingbar. Ein Überblick über die *in situ*-Methode und mögliche Varianzursachen in Bezug auf die Durchführung sind in Abbildung 2.2-1 dargestellt. Nachfolgend werden die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Ergebnisse von *in situ*-Untersuchungen dargestellt.



Abbildung 2.2-1: Durchführung der *in situ*-Methode (nach SÜDEKUM 2005)

## 2.2.1 EINFLUSSFAKTOREN AUF DAS ERGEBNIS VON *IN SITU*-UNTERSUCHUNGEN

### PROBENMATERIAL

Art und Vorbereitung verschiedener Probenmaterialien für die Inkubation, beeinflussen das Abbauverhalten wesentlich. Bevor das Futtermittel inkubiert werden kann, muss es einem Zerkleinerungsvorgang unterzogen werden, um die Kau- und Verdauungsvorgänge, die normalerweise im lebenden Tier ablaufen, zu simulieren. Dafür wird von ØRSKOV et al. (1980) eine Mühle mit einer Siebgröße von 2,5 bis 3 mm Durchmesser empfohlen. Andere Zerkleinerungsmethoden sollen nur angewendet werden wenn diese Prozedur nicht möglich erscheint. VANZANT et al. (1998) gibt unterschiedliche Mahlfineinheiten sowohl für Konzentrat als auch für Raufutter an. Die Partikelgröße sollte immer im Zusammenhang mit der Porengröße der bags gesehen werden, um unnötige Partikelverluste zu vermeiden. LINDBERG und KNUTSSON (1981) empfehlen eine Mahlfinheit von 1 mm. Der Vorteil von hoher Mahlfinheit ist die Oberflächenvergrößerung der Futtermittel, welche eine raschere mikrobielle Besiedelung zur Folge hat. Dadurch kommt es besonders bei kurzer Inkubationszeit zu einem höheren Trockenmasseabbau (LINDBERG 1981a, NOCEK 1988).

Auf die Homogenität des Probenmaterials ist besonders Wert zu legen, da sonst ein gleichmäßiger Abbau des Materials verhindert wird (MEHREZ und ØRSKOV 1977). Eine gröbere Struktur der Futtermittel kann geringere Abbaubarkeiten bewirken (LINDBERG 1981a). Bedenklich bei der Empfehlung einheitlicher Mahlfeinheiten für alle Futtermittel ist die Tatsache, dass eine Mahlfeinheit die durchschnittliche Partikelgröße verschiedener Futtermittel unterschiedlich beeinflusst. Zum einen resultiert dies daraus, dass sich einzelne Pflanzenteile wie beispielsweise Blätter oder Stängel unterschiedlich leicht zerkleinern lassen (EMANUELE und STAPLES 1988). Zum anderen ist die potentielle Abbaubarkeit von Pflanzenteilen differenziert zu betrachten (FLACHOWSKY et al. 1993). Chemische Parameter von Futtermitteln können durch unterschiedliche Vermahlungsgrade ebenfalls beeinflusst werden und die Abbaukinetik verändern (EMANUELE und STAPLES 1988).

Aufgrund dieser Einflüsse sollte es nicht bei einer einheitlichen Empfehlung in Bezug auf die Mahlfeinheit bleiben. Nach MICHALET-DOREAU und CHERNEAU (1991) bedarf es einer rationaleren Herangehensweise an diese Thematik, welche die einzelnen Parameter berücksichtigt. MICHALET-DOREAU und OULD-BAH (1992) und NOCEK (1988) haben sich für die Verwendung vorgekauter Futtermittel ausgesprochen. Nach einer Studie von OLUBOBOKUN et al. (1990) hat das Vorkauen jedoch keinen signifikanten Effekt auf die verschiedenen Verdauungsparameter.

Damit die Materialbeschaffenheit auch bei feuchten Futtermitteln wie Silagen vergleichbar ist, werden diese meist einer Trocknung unterzogen. Das Vermahlen der Proben wird dadurch ebenfalls erleichtert. Durch die Trocknung kann es aber zu Veränderungen in der Zusammensetzung des Materials kommen. Dies wiederum ist von der Methode und der Art der Probe abhängig (SMITH et al. 1972). Gefriertrocknen wird von VIK-MO (1989) als die Methode der Wahl beschrieben, wenn es um die Trocknung von Silagen und Grünfutter geht. Für die Trocknung von Material, welches flüchtige Bestandteile sowie Öle und Fette beinhaltet, hat sich die Gefriertrocknung ebenso als geeignet erwiesen.

Die Einwanderung der Mikroorganismen ist stark substrat- und rationsabhängig. Damit Bakterien überhaupt wachsen können benötigen sie Kohlenhydrate. Daher kann proteinreiches Probenmaterial das Bakterienwachstum hemmen und die Abbaubarkeit wird unterschätzt.

#### **NYLON BAGS**

Die Porengröße der Nylon-bags ist einer der wichtigsten Einflussfaktoren auf Ergebnisse von *in sacco* Versuchen. Zum einen ermöglicht eine ausreichende Maschenweite das Eindringen von Verdauungssäften und Mikroorganismen in die Säckchen und zum anderen können Verdauungsendprodukte entweichen. Um das Eindringen ruminaler Verdauungsprodukte

sowie das Entweichen kleiner Futterpartikel aus dem bag weitgehend zu vermeiden, soll die Maschenweite nicht zu groß gewählt werden (HUNTINGTON und GIVENS 1995, VANZANT et al. 1998). Das Risiko von Verlusten nicht abgebauter Futterpartikel soll dadurch minimiert werden. Grundsätzlich hat die Porengröße Einfluss auf den Trockenmasseabbau, wenn auch dieser vom jeweiligen Futtermittel abhängig ist. Mit längeren Inkubationszeiten nimmt der Einfluss der Maschenweite auf die Abbaubarkeit des Probenmaterials ab. Am stärksten ist der Effekt der Porengröße bei einer Inkubationszeit von 5 bis 24 Stunden (LINDBERG und VARVIKKO 1982).

Eine wichtige Rolle spielt die Maschenweite für die mikrobielle Besiedelung des Materials in den Säckchen. MEYER und MACKIE (1986) fanden heraus, dass sich die mikrobielle Population innerhalb und außerhalb der Säckchen unterscheidet und dies eine mögliche Ursache für variable Ergebnisse bei Anwendung der *in situ* Technik darstellt. Bei Porengrößen von 10 µm und weniger konnten bei Untersuchungen weniger als zehn Prozent der im Pansen vorhandenen Bakterien im bag festgestellt werden. Bei einer Porengröße von 53 µm lag der Wert schon um die sechzig Prozent. Ähnliche Relationen wurden auch für die Anzahl der Pansenprotozoen in den Säckchen erhoben.

MEYER und MACKIE (1986) empfehlen aufgrund ihrer Untersuchungen eine Porengröße der bags von etwa 30 bis 50 µm. Bei kleinerer Maschenweite von 10 µm ist besonders die Einwanderung von großen Protozoen eingeschränkt. Diese können aber unlösliche Partikel verschlingen und verdauen. Außerdem besteht zwischen Bakterien und Protozoen ein Konkurrenzverhältnis, welches bei zu engen Porengrößen gestört wird. Ein großer Teil der Pansenbakterien ist immobil und kann sich deshalb an Futterpartikel anheften, um weitertransportiert zu werden. Bei geringem Durchmesser der Porenöffnungen können die Partikel nicht durch das Gewebe hindurch dringen. Somit bleiben auch die Bakterien ausgesperrt (MEYER und MACKIE 1986).

Bei der Definition der Porengrößen sei auch die Stabilität des bag-Materials zu erwähnen, damit bei physischen Belastungen die Porengröße konstant bleibt. Beispielsweise werden Nylon, Polyester, Baumwolle oder Dacron verwendet. Vor allem Nylon gilt als stabiles Material, das hauptsächlich für *in situ*-Versuche herangezogen wird. Wichtiger als das Material selbst, scheint jedoch die Gewebestruktur zu sein (HUNTINGTON und GIVENS 1995). Monofilamentöse Gewebe sind hitzebehandelt und die Porengröße bleibt aufgrund dieser Behandlung konstant, wohingegen multifilamentöse Gewebe bei starker und langer physikalischer Beanspruchung Veränderungen in der Maschenweite aufweisen.

Zu beachten ist auch die Größe der Säckchen und die Menge der eingewogenen Probe. Hier sind weniger die absoluten Zahlen interessant, sondern vielmehr das Verhältnis dieser

beiden Größen zueinander. Ein großes Verhältnis zwischen Probenmenge und Säckchenoberfläche führt zu einem verlangsamten Abbau der Probentrockenmasse. LINDBERG (1981a) empfiehlt, die Menge der eingewogenen Probe auf das Verhältnis von 10 mg/cm<sup>2</sup> abzustimmen. Bei Versuchen mit 15 mg Probenmaterial pro cm<sup>2</sup> verminderte sich der Abbau der Trockenmasse signifikant. MEHREZ und ØRSKOV (1977) konnten jedoch bei einem Mengen-Oberflächen Verhältnis von 16,3 mg/cm<sup>2</sup> keine signifikanten Veränderungen hinsichtlich der Abbaubarkeit feststellen. Diese Tatsache führt LINDBERG (1981a) auf die Verwendung größerer Maschenweiten zurück. Grundsätzlich sollte ein Verhältnis von 20 mg/cm<sup>2</sup> nicht überschritten werden (VANZANT et al. 1998). Das Oberflächen-Mengenverhältnis steht in engem Zusammenhang mit der Maschenweite der Säckchen sowie mit der Mahlfineinheit der Probe (LINDBERG 1981a).

Über das mehrmalige Verwenden der bags gibt es in der Fachliteratur verschiedene Meinungen. ØRSKOV et al. (1980) empfehlen bei Wiederverwendung der Säckchen, diese nach jedem Durchgang mit Wasser und Seife zu waschen und auf Löcher zu kontrollieren. Die Nylon-bags sollten aber nur für ein und denselben Versuch mehrmals verwendet werden. Des Weiteren sollte man die Maschenweite von Zeit zu Zeit unter dem Mikroskop überprüfen. Gegen diese Empfehlung richtet sich eine Studie von KASWARI und LEBZIEN (2001), bei welcher erhöhte Auswaschungsverluste von durchschnittlich 8,2 % bei wiederholter Nutzung der Nylon-bags festgestellt wurden.

#### **FÜTTERUNG DER VERSUCHSTIERE**

Die Rationszusammensetzung spielt eine wichtige Rolle in Bezug auf den *in situ*-Abbau des Probenmaterials. So stellte bereits LINDBERG (1981b) fest, dass krafftutterreiche Rationen den Abbau von Grünfutter behindern. Raufutterbetonte Rationen vermindern wiederum die Verdauung von protein- und energiereichen Krafftuttermitteln (VANZANT et al. 1998). Der Grund für den Rückgang in der Verdauung von faserreichem Grünfutter, ist in einer Veränderung des Pansengleichgewichtes zu suchen. Durch die Krafftuttergaben herrschen die Saccharomyten vor und die Amylolyten, welche die Rohfaser abbauen sollten, sind nur mehr in geringerer Zahl vorhanden (LINDBERG 1981b). MEYER und MACKIE (1986) haben beim Verfüttern einer auf Luzerneheu basierenden Ration, ein langsames und abnehmendes Einwandern von bestimmten Mikroorganismen in die Säckchen festgestellt. Dies führte zu einer längeren lag-Phase und zu einer Unterschätzung der Abbaubarkeit. Aufgrund der verschiedenen Futtermittel und deren unterschiedlicher Effekte auf die *in situ*-Abbaubarkeit, wird empfohlen, das zu inkubierende Material in die Ration der Versuchstiere mit einzubeziehen. Damit werden die Bedingungen im Pansen auf das abzubauen Material am besten abgestimmt (ØRSKOV et al. 1980, VANZANT et al. 1998).

Bezüglich des Fütterungsniveaus gibt es keine einheitlichen Empfehlungen. Unter der Annahme, dass ein Einfluss auf die *in situ*-Abbaubarkeit besteht, sollte von einer ad libitum Fütterung abgeraten werden. Diese wird von verschiedenen Parametern beeinflusst und daher ist, im Hinblick auf eine Standardisierung der Methode, eine Fütterung entsprechend des Erhaltungsbedarfes zu empfehlen (VANZANT et al. 1998).

Die Fütterungsfrequenz ist wichtig im Hinblick auf die Stabilisierung des Pansenmilieus. Um vergleichbare Werte in Bezug auf die Abbaubarkeit der inkubierten Futtermittel zu erzielen, wird versucht, gleichbleibende Pansenbedingungen zu erzeugen. Durch vermehrtes Füttern sind Parameter wie der pH-Wert und der osmotische Druck weniger starken Schwankungen unterworfen. Auch die Konzentration der Mikroorganismen schwankt weniger stark (VANZANT et al. 1998). Das Einwandern der Pansenbakterien in die Nylon bags erfolgt schneller und in größerer Zahl wenn die Fütterungsfrequenz erhöht wird. Zu bedenken ist allerdings die Tatsache, dass durch häufigere Futtevorlage die Fermentation im Tier allgemein verändert wird und dies die Ergebnisse der Untersuchungen verfälschen könnte (MEYER und MACKIE 1986).

#### **VERSUCHSTIERE**

Fütterungsempfehlungen zeigen, dass insbesondere für Rohprotein, dieselben Nährstoffbedarfswerte für alle Wiederkäuer angenommen werden. Man geht davon aus, dass die Pansenkinetik zwischen den Spezies vergleichbar ist. Untersuchungen von SEBEK und EVERTS (1999) weisen aber daraufhin, dass es sehr wohl einen Unterschied zwischen den einzelnen Spezies bezüglich Verdaulichkeit und Abbaubarkeit der Ration gibt. Dies hat Einfluss auf die Ergebnisse von Versuchen mittels der *in situ*-Methode, da diese bei verschiedenen Wiederkäuerarten nicht vollkommen miteinander vergleichbar sind.

Bei Rindern wurde bei Verfütterung einer kraftfutterreichen Ration eine niedrigere Abbaubarkeitsrate für Trockenmasse und Rohprotein festgestellt als dies bei Schafen der Fall war (SEBEK und EVERTS 1999). Auch HUNTINGTON und GIVENS (1996a) haben höhere Abbaubarkeiten bei Schafen festgestellt, die sich aber nach Korrektur der feinen Partikelverluste, als nicht signifikant erwiesen haben. PLAYNE et al. (1978) vermuten, dass erhöhtes Nährstoffrecycling bei Kühen zu höherer mikrobieller Aktivität und somit zu einer höheren Abbaubarkeit führen kann. Dieser Zusammenhang wird vor allem bei hochleistenden Tieren interessant, nicht aber bei Versuchstieren deren Nährstoffbedarf gedeckt ist (HUNTINGTON und GIVENS 1996a). UDÉN und Van SOEST (1984) konnten hingegen keinen Unterschied im Abbau von Rohfaser zwischen den einzelnen ausgewachsenen Wiederkäuerspezies feststellen.

Des Weiteren kann es zu unterschiedlichen Ergebnissen zwischen einzelnen Rassen kommen. Haltungsbedingte Faktoren wie etwa das Scheren von Schafen können ebenfalls Einfluss auf das Ergebnis ausüben (SEBEK und EVERTS 1999). Das Geschlecht sowie der physiologische Zustand der Tiere sind ebenfalls Gründe für unterschiedliche Ergebnisse bei *in sacco*-Untersuchungen. Deshalb sollte darauf geachtet werden, bei Verwendung von mehr als einem Tier in einem Versuch, einen annähernd gleichen physiologischen Status der Individuen zu gewährleisten (HUNTINGTON und GIVENS 1995).

Nach dem Versuch eine möglichst einheitliche Vorgehensweise bei der Durchführung von *in situ*-Untersuchungen zu erreichen, bleiben trotzdem noch drei Variationen übrig. Hierunter fallen die Varianzen zwischen den einzelnen Versuchstieren und die Unterschiede zwischen verschiedenen Perioden, die dasselbe Tier betreffen. Zuletzt müssen auch noch die Unterschiede zwischen den bags, die in einem Versuchstier während einer Periode inkubiert wurden, berücksichtigt werden (Van der KOELEN et al. 1992). Diese Zusammenhänge wurden ebenfalls von MEHREZ und ØRSKOV (1977) festgestellt. Grundsätzlich lässt sich für alle drei Faktoren zusammenfassend erklären, dass diese bei langen Inkubationsintervallen an Bedeutung verlieren. Van der KOELEN et al. (1992) gehen aufgrund ihrer Ergebnisse davon aus, dass im Vergleich, die Variationen zwischen den Tieren am geringsten ausfallen. Um die Varianzen möglichst niedrig zu halten, sollte ein optimales Versuchsdesign von Tieren und Perioden gewählt werden, wie beispielsweise vier Tiere und zwei Perioden. Bei MEHREZ und ØRSKOV (1977) wurden die größten Variationen zwischen den verschiedenen Tieren festgestellt. Dies wurde von VANZANT et al. (1998) bestätigt. In einer Untersuchung konnten 40 % der Variationen auf Tiereffekte zurückgeführt werden und jeweils 30 % auf Effekte von Tagen und Säckchen.

### **INKUBATIONSVORGANG**

Hinsichtlich des Inkubationsvorganges gibt es verschiedene Kriterien zu beachten. Dazu zählt das Vorinkubieren der bags in warmes Wasser (MEHREZ und ØRSKOV 1977). Dadurch wird gewährleistet, dass die Mikroorganismen im Pansen das Probenmaterial schneller angreifen können und die lag-Phase verkürzt wird. Diesem Effekt wird, genauso wie dem System der Inkubation, nur ein untergeordneter Einfluss zugeschrieben (VANZANT et al. 1998). Mit dem Inkubationssystem ist der Zeitpunkt der Inkubation und der Entnahme der Säckchen gemeint. Es gibt hierfür zwei Möglichkeiten. Alle bags können gleichzeitig inkubiert und die verschiedenen Zeitstufen einzeln entnommen werden. Dies bringt den Vorteil, dass alle Säckchen bei gleichen Pansenbedingungen inkubiert werden (MICHALET-DOREAU und OULD-BAH 1992). NOCEK (1985) spricht sich hingegen für eine gemeinsame Entnahme der bags aus. Bei Anwendung dieser Methode hat dieser Autor erhöhte Abbaubarkeiten der Trockenmasse und des Rohproteins feststellen können. Bei einer

gleichzeitigen Entnahme wird eine einheitlichere Waschprozedur gewährleistet. Dieser Faktor sollte aber in Hinblick auf die Verwendung von Waschmaschinen kaum noch eine Rolle spielen. HUNTINGTON und GIVENS (1996b) konnten keinen Unterschied zwischen den beiden Methoden feststellen.

Interessanter ist die Frage der Verwendung von Gewichten oder Käfigen zur Positionierung der Säckchen im Pansen. Die Befestigung der bags an einem Ankergewicht soll die Aufgabe erfüllen, diese im Pansen nach unten zu ziehen, damit sich das Material in einer Umgebung befindet, wo es optimal abgebaut werden kann. Hierbei hat das Gewicht des Ankers keinerlei Einfluss auf die Abbaubarkeit der Futtermittel (HUNTINGTON und GIVENS 1996a). Bei Einsatz eines Käfigs zur Inkubation der Säckchen wird kaum physikalischer Druck auf die bags ausgeübt. Dies hat zur Folge, dass die Poren verstopfen und die Säckchen aufgasen. Dadurch kommt es zu keinem Flüssigkeitsaustausch mit der unmittelbaren Pansenumwelt und der pH-Wert im Säckchen sinkt. Die Konsequenz dieses Vorganges ist eine Verminderung der Abbaubarkeit (MARINUCCI et al. 1992). Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass der Container gegen die Pansenwand gedrückt wird und daher ebenfalls mit einer Verminderung des Trockenmasseabbaus zu rechnen ist (HUNTINGTON und GIVENS 1996a).

Die Länge der Schnur, an welcher das Gewicht mit den bags befestigt ist, hat ebenso Einfluss auf die Abbaubarkeit eines Futtermittels. Sie ist der entscheidende Faktor für die Mobilität der Säckchen. Ergebnisse von STRITZLER et al. (1990) zeigen, dass mit zunehmender Schnurlänge der Abbau der Trockenmasse steigt und eine höhere mikrobielle Aktivität vorhanden ist. Insbesondere bei kurzen Inkubationszeiten kann eine erhöhte Abbaubarkeit beobachtet werden. Der Position der Säckchen im Pansen kommt eine untergeordnete Rolle zu. Die Empfehlung die Nylon-bags im ventralen Pansensack zu platzieren stammt daher, dass hier weniger festes Material vorhanden ist und die dort angesiedelten Bakterien frisches Material schneller angreifen können (STEWART 1979).

#### **POSTRUMINALER WASCHVORGANG**

Der Waschvorgang trägt zur Bestimmung der nicht abbaubaren Fraktion des Futtermittels bei, indem wasserlösliche und feine Substanzen sowie Mikroorganismen aus den bags entfernt werden. Das Auswaschen der Mikroben aus den bags ist wichtig, da Bakterieneiweiß eine Unterschätzung der Proteinabbaubarkeit verursacht (HUNTINGTON und GIVENS 1996b). Zum Waschen der Säckchen wird eine Waschmaschine empfohlen, da im Gegensatz zu einer händischen Waschung alle bags gleich behandelt werden. Verschiedene Waschprozeduren können die potentielle Abbaubarkeit von Futtermitteln beeinflussen. CHERNEY et al. (1990) hat bei einer Waschkdauer von zehn Minuten einen höheren Abbau der Trockenmasse festgestellt, als dies bei einer Dauer von vier Minuten der



Fall war. Eine längere Waschdauer kann zu einer Überschätzung der potentiellen Abbaubarkeit führen. Eine zu kurze Prozedur entfernt nicht alle löslichen Partikel und bewirkt das Gegenteil. Die verwendete Wassermenge und die Schleudermaßnahmen beeinflussen die Abbaubarkeit ebenfalls (HUNTINGTON und GIVENS 1996b). Es sollte nur kaltes Wasser verwendet werden, da es zu erhöhten Partikelverlusten kommt wenn die Säckchen heiß gewaschen werden. Der Einsatz von Waschmitteln zur Entfernung mikrobieller Kontamination hat zur Folge, dass auch andere Nährstoffe wie etwa Lipide einfach ausgewaschen werden. Die Anzahl der gemeinsam gewaschenen Säckchen ist variabel und hat keinen Einfluss auf die Ergebnisse.

Die mikrobielle Kontamination des Probenmaterials darf bei der Ermittlung der Abbaubarkeiten nicht außer Acht gelassen werden. Der Anteil der mikrobiellen Trockenmasse kann bis zu 22 Prozent der gesamten Trockenmasse in den inkubierten Säckchen ausmachen (OLUBOBOKUN et al. 1990). Wie in Kapitel 2.2.1 bereits erwähnt, ist die mikrobielle Kontamination auch substratabhängig. Chemische und physikalische Analysemethoden haben bisher noch keine zufriedenstellenden Ergebnisse in Bezug auf die Ermittlung der mikrobiellen Kontamination erzielt.

### **2.2.2 DAS MATHEMATISCHE MODELL ZUR BERECHNUNG DES RUMINALEN TROCKENMASSEABBAUS**

Ältere *in situ*-Untersuchungen hatten das Ziel, mit Hilfe der ermittelten Trockenmasse auf die Verdaulichkeit von Futtermitteln zu schließen. Heute ist man an der Abbaukinetik der Futtermittel interessiert (ØRSKOV et al. 1980). Hierfür muss zuerst der Trockenmasseabbau zu einem bestimmten Zeitpunkt mit folgender Formel errechnet werden:

$$\text{TM-Abbau (\%)} = [(\text{Einwaage} - \text{Rückwaage})/\text{Einwaage}] * 100$$

Anschließend werden diese Werte nach der Formel von ØRSKOV und McDONALD (1979) modelliert, die das Abbauverhalten von Futtermitteln wie folgt beschreibt:

$$P = a + b * (1 - e^{-c * t})$$

Diese Formel entspricht einer Exponentialkurve und beschreibt die potentielle Abbaubarkeit des Futtermittels. Die Variablen a und b ergeben zusammen den potentiell abbaubaren Teil des Futtermittels. Dabei stellt die Variable a den sofort löslichen Teil des Futtermittels dar. Die Fraktion a beinhaltet auch die Partikelverluste. Die Variable b steht für den unlöslichen Teil des Futters, der im Pansen potentiell abgebaut werden kann. Diese Fraktion b wird bei einer konstanten Abbaurrate c abgebaut. Die potentielle Abbaubarkeit kann nur erreicht werden, wenn sich das Futtermittel lange genug im Pansen aufhält (ØRSKOV und

McDONALD 1979). Der Ausdruck „ $100 - (a + b)$ “ stellt den nicht abbaubaren Teil der Probe dar (HUNTINGTON und GIVENS 1995).

Der ruminale Abbau der Trockenmasse ist maßgeblich von der Verweildauer des Futtermittels im Pansen abhängig. Je schneller Futterpartikel aus dem Pansen weitertransportiert werden, desto stärker vermindert sich der Abbau der TM. Der Transport der Futtermittel aus dem Pansen wird als Passagerate bezeichnet (McDONALD 1981). Die potentielle Abbaubarkeit kann daher nur erreicht werden, wenn das Futtermittel lange genug im Pansen bleibt um von den Mikroben vollständig abgebaut zu werden. Dies ist kaum der Fall und deshalb muss der ständige Weitertransport von feinen Partikeln aus dem Pansen bei der Berechnung der tatsächlichen oder effektiven Abbaubarkeit berücksichtigt werden. Die nachstehende Formel beschreibt die effektive Abbaubarkeit der Trockenmasse unter der Berücksichtigung der Passagerate  $k$  (ØRSKOV und McDONALD 1979):

$$ED = a + (b \cdot c) / (c + k)$$

Allerdings bleibt in dieser Formel die sogenannte lag-Phase unberücksichtigt. Sie beschreibt die Zeit vom Zeitpunkt der Inkubation bis zum Beginn des TM-Abbaus. Dieser setzt nicht sofort ein, da die Pansenmikroben einige Zeit zur Besiedelung des Futtermittels benötigen. Ebenso laufen chemische und physikalische Prozesse im Probenmaterial ab. Die lag-Phase wurde erstmals von McDONALD (1981) berücksichtigt und später von SÜDEKUM (2005) modifiziert. Folgende Formel beschreibt die effektive Abbaubarkeit unter Berücksichtigung der lag-Phase:

$$ED = a + b \cdot c / (c + k) \exp(-k \cdot \text{lag})$$

Die lag-Phase wird nach der Formel von ØRSKOV und RYLE (1990) berechnet:

$$\text{Lag} = 1/c \cdot \ln(b / (a + b - \text{Waschmaschinenverlust}))$$

In Abbildung 2.2-2 wird der TM-Abbau eines Futtermittels anhand der Parameter  $a$ ,  $b$  und  $c$  beschrieben. Der Beginn Abbaukurve wird durch die Fraktion  $a$  bestimmt. Die Abbaurate  $c$  gibt den Anstieg der Kurve vor. Nach einer Zeitspanne von etwa 48 Stunden ist das Potential des Futtermittels ausgeschöpft.

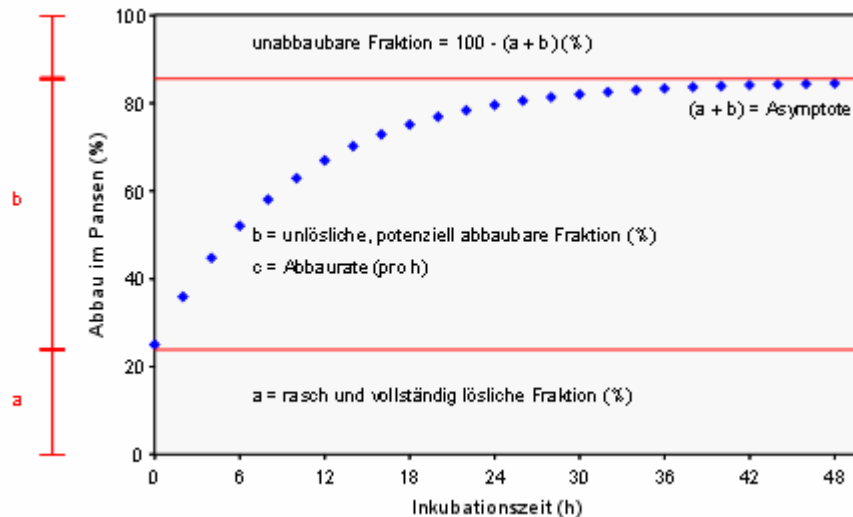


Abbildung 2.2-2: Ruminale Abbaukurve eines Futtermittels (nach HUNTINGTON und GIVENS 1995)

Die Silomaisrestpflanze ist ein faserreiches Futtermittel mit einer potentiellen Abbaubarkeit von 75 bis 80 %. Die sofort lösliche Fraktion a liegt bei ungefähr 30 % und die potentiell abbaubare Fraktion b nimmt einen Anteil von etwa 50 % ein. Im Vergleich dazu kann für Maiskolben eine potentielle Abbaubarkeit von über 95 % angenommen werden. Die Abbaurrate c ist im Gegensatz zu Kraffuttermitteln mit etwa  $3 \text{ h}^{-1}$  gering. Die lag-Phase ist im Mittel mit etwa 3 Stunden beziffert (AKBAR et al. 2002).

## 2.3 IN VIVO-VERDAULICHKEITSPRÜFUNG

Verdaulichkeitsuntersuchungen stellen eine wichtige Grundlage für die Bestimmung des energetischen Futterwertes dar. Bei der Prüfung neuer Futtermittel oder weitergezüchteter Futterpflanzen, sind Verdauungsversuche am lebenden Tier unabdingbar (LOSAND et al. 2007). Um aussagekräftige Ergebnisse solcher Verdaulichkeitsbestimmungen zu erhalten, muss die Methodik bestimmten Richtlinien entsprechen (GfE 1991). Im Folgenden wird näher auf die wichtigsten Gesichtspunkte eingegangen. Die maximale Verdaulichkeit ist von den Eigenschaften des jeweiligen Futtermittels abhängig. Des Weiteren können tierbedingte und rationsbedingte Einflüsse auf die Verdaulichkeit auftreten (GfE 1991).

### 2.3.1 TIERBEDINGTE EINFLÜSSE

Es bestehen Unterschiede in der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen zwischen verschiedenen Arten von Wiederkäuern. Dies ist einerseits auf unterschiedliche Zerkleinerung der Futtermittel durch differierende Kautechniken zurückzuführen. Andererseits ist die Abbaubarkeit von der Verweildauer der Futtermittel im Vormagen

abhängig. Die morphologischen Unterschiede im Vormagensystem der einzelnen Wiederkäuerspezies, bedingen teilweise unterschiedliche Verweildauern. Es gibt keinen einheitlichen Umrechnungsfaktor zwischen den Spezies, da die Verdaulichkeit von Futtermittel zu Futtermittel zwischen den Tierarten unterschiedlich ist. Das Alter, der physiologischer Zustand und die Haltungsbedingungen der Tiere, tragen wesentlich zum Ergebnis bei. Daher sollten die Tiere in ausreichend belüfteten Räumen mit einer angepassten Temperatur gehalten werden. In Stoffwechselkäfigen kann die Futteraufnahme kontrolliert sowie Kot und Harn, getrennt und frei von Kontamination gesammelt werden. Dies gestaltet sich bei männlichen Tieren leichter, deshalb werden vorwiegend Hammel für Verdaulichkeitsuntersuchungen verwendet. Der gesammelte Kot muss tiefgefroren werden, damit am Ende eine repräsentative Sammelprobe gezogen werden kann (GfE 1991).

### **2.3.2 RATIONSBEDINGTE EINFLÜSSE**

Die Verdaulichkeit von Futtermitteln ist aber auch von der Rationsgestaltung abhängig. So ist die Passagerate von der Höhe der Futteraufnahme sowie von der Verteilung der Partikelgröße innerhalb der gesamten Ration abhängig. Des Weiteren passt sich die Aktivität der Mikroorganismen an die Nährstoffversorgung an. Die mikrobielle Aktivität kann herabgesetzt sein, wenn die Stickstoffversorgung oder die Zufuhr von Mengen- und Spurenelementen nicht ausreichend ist. Das Fehlen von Rohfaser und ein Überschuss an leicht löslichen Kohlenhydraten können zu erniedrigten pH-Werten im Vormagen führen. Deshalb ist es wichtig, genügend Raufutter in die Ration mit einzubeziehen (GfE 1991).

Ist das zu prüfende Futtermittel Raufutter, so kann dies in der Regel als Alleinfutter geprüft werden. Komplizierter gestaltet sich die Untersuchung, wenn die Verdaulichkeit von Konzentraten oder Futtermitteln mit geringer Partikelgröße ermittelt werden soll. Für solche Fragestellungen kann die Differenz- bzw. Substitutionsmethode herangezogen werden. Hier wird mit einer Versuchsgruppe die Verdaulichkeit eines Raufutters bestimmt und in einer zweiten Versuchsgruppe ein genau definierter Teil der Ration durch das zu prüfende Konzentrat ersetzt. Rechnerisch kann auf die Verdaulichkeit des Prüffutters geschlossen werden. Eine weitere Möglichkeit für die Bestimmung von Verdaulichkeiten von Konzentraten stellt die Regressionsmethode dar. Futtermittel mit geringem Rohprotein- und Phosphorgehalt müssen durch Zusatzfütterung mit Futtermitteln, deren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe bekannt ist, ergänzt werden. In Tabelle 2.3-1 ist eine Übersicht über erforderliche Eiweißergänzungen bei proteinarmer Raufutter aufgelistet. Ein stark überhöhter Rohproteingehalt in der Gesamtration sollte vermieden werden, da ansonsten die Verdaulichkeit für Rohprotein überschätzt wird. Futtermittel mit mehr als 30 Prozent

Rohproteingehalt sollten nur in Kombination mit Raufuttermitteln, mit weniger als 10 Prozent Rohproteingehalt, verfüttert werden (GfE 1991).

Tabelle 2.3-1: Erforderliche Ergänzung eiweißarmen Raufutters durch Kraftfuttermittel mit etwa 50 % XP-Gehalt

<i>Rohproteingehalt im Raufutter % der Trockenmasse</i>	<i>Erforderliche Zulage g/kg Raufutter-Trockenmasse</i>
12 und mehr	-
9,0 – 11,5	100
6,5 – 8,5	150
4,5 – 6	200
Unter 4,5	250

Der Vorbereitung der einzelnen Tagesrationen kommt große Bedeutung zu. Das Futter muss vor dem Einwiegen gut durchgemischt werden und alle Portionen sollten gemeinsam eingewogen werden. Dabei werden kleine Futtermengen gesammelt, um eine Querschnittsprobe für die chemische Laboranalyse zu erhalten. Kann der Trockensubstanzgehalt der einzelnen Rationen nicht sofort bestimmt werden, müssen die Rationen so gelagert werden, dass sich der Feuchtegehalt nicht verändern kann (GfE 1991).

## **3 MATERIAL UND METHODEN**

### ***3.1 AUFBAU DES PROJEKTS***

Der Anbau der neun Silomaisarten sollte über einen Zeitraum von drei Jahren erfolgen. In den Jahren 2007 und 2008 konnte die Ernte problemlos durchgeführt werden. 2009 war eine Ernte aufgrund von massiven Hagelschäden nicht möglich und wurde deshalb auf das Jahr 2010 verschoben. Die *in situ*-Abbaubarkeitsuntersuchungen waren vorerst für das Jahr 2007 vorgesehen. Das Jahr 2007 war durch teilweise extreme Witterungsbedingungen gekennzeichnet. Das erste Halbjahr zählte zu den wärmsten seit Beginn der Messreihen. Verbunden mit geringen Niederschlagsmengen, vor allem im April, entstanden bei Mais Aufgangsschäden. Im Frühsommer verursachten Gewitter mit teilweise schwerem Hagel, Schäden im Bereich des Ackerbaues. Trotzdem konnten durchwegs gute Maisernten erzielt werden, welche die Ernten von 2006 bei Körnermais und CCM um beinahe 15 Prozent überschritten haben (GRÜNER BERICHT 2008).

### ***3.2 FUTTERMITTEL***

Neun verschiedene Silomaisarten mit unterschiedlichen Reifezahlen von früh- bis mittelspät reifenden Sorten waren Grundlage für den *in situ* Versuch. Um die einzelnen Sorten besser charakterisieren zu können sind diese in Tabelle 3.2-1 samt ihren spezifischen Eigenschaften angeführt.

#### **FRÜH REIFENDE SORTEN**

Nuestro wird den Hartmaissorten zugeordnet und die Firma Die Saat beschreibt Nuestro als gute Universalnutzungssorte mit rascher Jungendentwicklung (DIE SAAT 2010). Daher ist die Sorte auch für kühlere Maisrandlagen geeignet. Des Weiteren konnten bei offiziellen Sortenversuchen überdurchschnittliche Trockenmasseerträge von vier Prozentpunkten festgestellt werden (ÖSTERREICHISCHE BESCHREIBENDE SORTENLISTE 2010). Allerdings ist mit einem niedrigen Kolbenanteil zu rechnen. Nuestro ist stärker Maisbeulenbrand gefährdet als der Hartmais-Mischtyp NK Falkone. NK Falkone ist trotz seines schnellen Jugendwachstums in der Wuchshöhe weniger stark ausgeprägt als Nuestro und weist kaum Stängelbruch auf (ÖSTERREICHISCHE BESCHREIBENDE SORTENLISTE 2010). Des Weiteren ist die Sorte durch eine langsame Blattabreife gekennzeichnet und hat nach Angaben der Firma Syngenta einen hohen Energieertrag (SYNGENTA 2010). In der Korngröße unterscheiden sich beide Sorten deutlich. Die Ergebnisse von Siebungen der Maiskörner ergeben, dass durchschnittlich 56 Prozent der Körner von NK Falkone einen

Durchmesser von über 8 mm aufweisen, wohingegen dies nur bei 37 Prozent der Körner von Nuestro der Fall ist (ÖSTERREICHISCHE BESCHREIBENDE SORTENLISTE, SIEBUNGSERGEBNISSE 2010).

Tabelle 3.2-1: Auszug aus dem österreichischen Sortenbuch

Sorte, Züchterland	Reifezahl	Korn- typ*	Kornertrag	Gebrochene Pflanzen	Lagerung	Jugend- Entwicklung	Beulenbrand	<i>Helm. Turcicum</i>	Wuchshöhe	Seitentriebe	Blattabreife	Trockenmasse- ertrag	Kolbenanteil
<b>FRÜHREIFENDE SORTEN</b>													
Nuestro, D	230	H	3,5	2,5	2	2	4	6	7	2	6,5	2	3
NK Falkone, CH	250	H <sub>z</sub>	2,5	2,0	3	2	2	5	6	2	7,5	3	2
<b>MITTELFRÜHREIFENDE SORTEN</b>													
ES Beatle, D	260	H <sub>Z</sub>	2,5	2,0	4	3	3	4	8	2	4,5	3	3
Roberto, A	270	H <sub>z</sub>	3,0	2,0	3	4	4	5	7	2	5,5	3	3
PR39T45, USA	280	H <sub>Z</sub>	3,0	1,5	2	3	5	4	6	3	6,5	4	3
Ronaldinio	290	H <sub>z</sub>	2,5	3,0	2	2	4	5	7	2	5,0	3	3
<b>MITTELSPÄTREIFENDE SORTEN</b>													
DK 315, USA	320	Z	2,5	3,0	3	6	4	5	7	2	4,0	3	3
PR39F58, USA	320	Z	2,5	3,0	3	6	4	5	7	2	4,0	3	3
Friedrixx, F	330	Z	2,5	2,5	2	6	5	4	8	2	4,5	2	3

1-9: sehr geringe(r) bis sehr hohe(r) Stängelbruch, Lagerneigung, Beulenbrand- bzw. *Helm. turcicum*- Anfälligkeit, Seitentriebbildung

sehr rasche Jugendentwicklung, sehr niedrige Wuchshöhe, sehr langes Grünbleiben der Blätter, sehr hoher Trockenmasseertrag, sehr hoher Kolbenanteil

\* Korn-  
typ: Z=Zahnmais; H=Hartmais; ZH, HZ=Mischtyp; z=sehr geringe Ausprägung des Zahnmaisanteils

#### MITTELFRÜH REIFENDE SORTEN

ES Beatle mit der Reifezahl 260 zählt zu den Mischtypen mit geringer Anfälligkeit für Maisbeulenbrand und *Helminthosporium turicum*. Er besticht durch starke Wuchshöhe und geringe Seitentriebbildung. Die Sorte ist durch eine langsame Blattabreife gekennzeichnet. Sie erzielt hohe Trockenmasseerträge, allerdings muss mit einem etwas geringeren

Kolbenanteil gerechnet werden, als dies beim Durchschnitt aller mittelfrüh reifenden Sorten der Fall ist (ÖSTERREICHISCHE BESCHREIBENDE SORTENLISTE 2010). Laut offiziellen Siebungsergebnissen wurde festgestellt, dass 64 Prozent der Körner der Sorte ES Beatle einen Durchmesser von 8 mm übersteigen. Dies ist der höchste Wert bei den Hartmaissorten, den außer dieser Sorte nur noch eine weitere erreichen konnte (ÖSTERREICHISCHE BESCHREIBENDE SORTENLISTE, SIEBUNGSERGEBNISSE 2010).

Roberto zählt mit der Reifezahl 270 ebenfalls zu den mittelfrüh reifenden Sorten. Der hartmaisbetonte Mischtyp erreicht eher mäßige Trockenmasseerträge mit durchschnittlichem Kolbenanteil (ÖSTERREICHISCHE BESCHREIBENDE SORTENLISTE 2010). Die Kolben sind stets gut befruchtet und weisen viele Kornreihen auf. Roberto gilt als eine sehr standfeste Sorte mit guter Resistenz gegen Beulenbrand (SAATBAU LINZ 2010).

PR39T45 wird von der Firma PIONEER als stabil ertragreiche Silomaisorte mit guter Resistenz gegen *Helminthosporium turcicum* beschrieben (PIONEER 2010). Die Trockenmasseerträge des Maismischtyps liegen im Mittel vier Prozentpunkte unter dem Durchschnitt der mittelfrüh reifenden Sorten (ÖSTERREICHISCHE BESCHREIBENDE SORTENLISTE 2010). Eine erhöhte Neigung zur Seitentriebbildung und einer raschen Blattabreife konnten festgestellt werden (ÖSTERREICHISCHE BESCHREIBENDE SORTENLISTE 2010).

Der hartmaisbetonte Mischtyp Ronaldinio bringt durchschnittliche Trockenmasseerträge, zeichnet sich aber durch einen hohen Gehalt an verdaulicher organischer Substanz und hohen Stärkeerträgen aus (MENZI 2007). Ronaldinio zeigt eine gute Resistenz gegen Beulenbrand und nur mäßige Resistenz gegen *Helminthosporium turcicum* (ÖSTERREICHISCHE BESCHREIBENDE SORTENLISTE 2010).

#### **MITTELSPÄT REIFENDE SORTEN**

Der Zahnmaistyp DK 315 ist in hohem Maße resistent gegen Maisbeulenbrand. Die Sorte zeichnet sich durch eine langsame Jugendentwicklung und einen überdurchschnittlichen Kolbenanteil und somit einer hohen Energiedichte aus. Des Weiteren weist DK 315 eine hohe Korntrockenheit auf.

Die Trockenmasseerträge der Silomaisorte PR39F58 sind, wie jene der Sorte DK 315, als mäßig einzustufen. Jedoch kann bei dieser Zahnmaissorte ebenfalls, ein hoher Kolbenanteil festgestellt werden (ÖSTERREICHISCHE BESCHREIBENDE SORTENLISTE 2010). PR39F58 gilt als Drei-Nutzungs-Sorte und erbringt als Silomais hohe Energie- und Stärkeerträge (PIONEER 2010).



Der Zahnmaistyp Friedrixx mit der Reifezahl 330 zeichnet sich durch starke Wuchshöhe bei guter Standfestigkeit aus. Die Sorte ist mäßig resistent gegen Beulenbrand. Der Trockenmasseertrag ist etwas geringer als bei DK 315 und PR39F58, der Kolbenanteil ist mit dem von PR39F58 vergleichbar (ÖSTERREICHISCHE BESCHREIBENDE SORTENLISTE 2010). Die langsame Blattabreife von Friedrixx ermöglicht genauso wie bei der Sorte PR39F58 eine höhere Ernteflexibilität (RAGT-Saaten 2010).

### **3.2.1 ANBAUGEBIET UND ERNTEZEITPUNKT**

Um sicherzustellen dass die Qualität des Probenmaterials, der des österreichischen Durchschnittes entspricht, wurde der Silomais in Bad Wimbsbach-Neydharting im Bezirk Wels-Land in Oberösterreich, einem typischen Anbaugebiet für Mais, erzeugt. Im Versuchsjahr 2007 konnte Wels eine Jahresdurchschnittstemperatur von 10,4°C sowie eine Jahresniederschlagssumme von 876 mm verzeichnen (ZAMG-Jahrbuch 2007).

Die ruminale Abbaubarkeit von Silomais wird maßgeblich vom Vegetationsstadium beeinflusst. Um diese Unterschiede in der *in situ*- Abbaubarkeit der TM quantifizieren zu können wurden zwei verschiedene Reifezeitpunkte gewählt. Für die Wahl des Erntezeitpunktes war die TM des Kolbens ausschlaggebend. Zum ersten Erntezeitpunkt lag die Kolben-TM bei etwa 47 % und zum zweiten Erntezeitpunkt bei 53 %. Die Restpflanzen-TM lag durchwegs bei etwa 20 %.

## **3.3 IN SITU-METHODE**

Zum Zweck der *in situ*-Untersuchungen wurden die geernteten Maispflanzen in Kolben und Restpflanzen zerteilt, um eine getrennte Inkubation derselben zu ermöglichen. Diese Arbeit befasst sich ausschließlich mit den Ergebnissen des inkubierten Restpflanzenmaterials. Ergebnisse zu den Abbaubarkeitsuntersuchungen für Maiskolben können in BREITFUSS (2010) nachgelesen werden.

Der Versuch wurde getreu den Vorgaben von ØRSKOV et al. (1980) und HUNTINGTON und GIVENS (1995) durchgeführt.

### **3.3.1 VORBEREITUNG DES PROBENMATERIALS**

Das Material wurde gehäckselt, in kleinen Gefäßen siliert und anschließend gefriergetrocknet. Bis zur Abfüllung in die nylon-bags wurde das Probenmaterial in verschlossenen Kübeln aufbewahrt. Die Vermahlung des Materials erfolgte mit einer Mühle der Firma KURTZ vom Typ LS 253. Die maximale Partikelgröße lag bei 2 mm. Insgesamt

wurde Material von 9 verschiedenen Sorten zu zwei Erntezeitpunkten untersucht. Dies entspricht einem Probenumfang von 18 Futtermitteln.

### **3.3.2 VORBEREITUNG DER NYLON-BAGS**

Die im Versuch verwendeten nylon-bags stammen von der Firma ANKOM Technology (Macedon, NY, USA). Die Größe der bags beträgt  $10 \times 20$  cm mit einer Porengröße von 50  $\mu\text{m}$ . An drei von vier Außenkanten sind die bags durch eine etwa drei Millimeter breite Schweißnaht abgedichtet. Um die bags für die *in situ*-Prozedur verwenden zu können wurde eine Ecke mit einer Fläche von etwa 8 bis 10  $\text{cm}^2$  durch eine diagonale Schweißnaht zwischen einer geschlossenen Länge und der geschlossenen Breite vom restlichen bag abgeteilt. Die Schweißprozedur wurde mit einem Schweißgerät der Firma AUDION ELEKTRO (Sealboy 235 SMB) durchgeführt. In diese abgeteilte Ecke wurde ein Loch gestanzt und eine Öse eingezogen. In Abbildung 3.3-1 ist ein vorbereiteter bag dargestellt, wie er für die Inkubation benötigt wird. Das Abschweißen der für die Öse vorgesehenen Ecke hat zwei Gründe. Einerseits soll vermieden werden dass durch mögliche kleine Öffnungen im Bereich der Öse, welche oft mit freiem Auge nicht zu erkennen sind, Probenmaterial verloren geht. Andererseits ist es denkbar, dass Teile der Futterprobe in der Nähe der Öse zu liegen kommen. Dies hätte zur Folge dass die Probe durch die Öse in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt ist. Somit könnte in diesem Bereich nicht für dasselbe Mikroklima garantiert werden wie im restlichen nylon-bag. Diese beiden Faktoren können unter Umständen das Ergebnis der Abbaubarkeitsuntersuchungen drastisch verfälschen. Die Oberflächenverkleinerung der bags von insgesamt 16 bis 20  $\text{cm}^2$  wurde in Kauf genommen, um ein einheitliches Mikroklima zu garantieren.

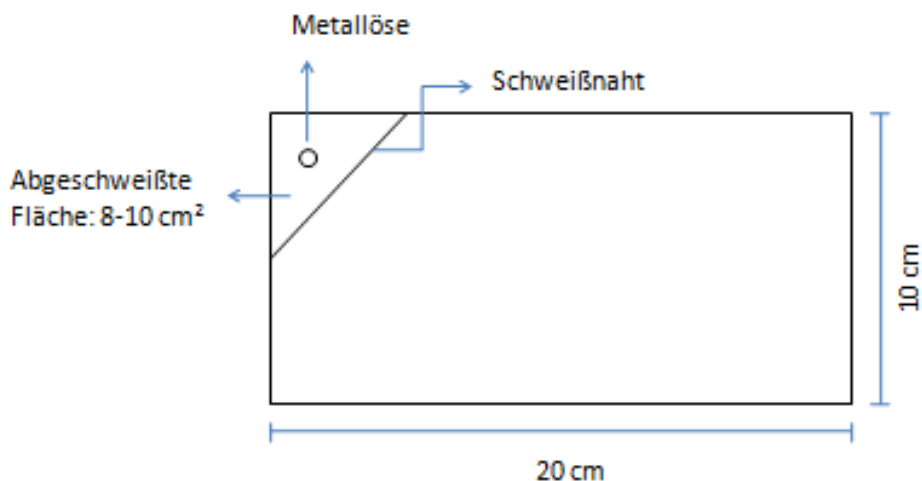


Abbildung 3.3-1: Schematische Darstellung eines vorbereiteten Säckchens

Im Anschluss an den oben beschriebenen Prozess wird jedes Säckchen mit einer zehnstelligen Nummer beschriftet, welche sich aus einer fortlaufenden Nummer, einer Nummer für das jeweilige Futtermittel, einer Ziffer für das jeweilige Tier sowie einer Ziffer für die ausgewählte Zeitstufe zusammensetzt. Dieses System ermöglicht es, die Proben später eindeutig identifizieren zu können. Die Kennzeichnung erfolgte mit einem Permanentmarker der Firma EDDING vom Typ 300.

Zur besseren Erklärung des Beschriftungssystems sind in Tabelle 3.3-1 einige Beispiele aufgelistet.

Tabelle 3.3-1: Beschriftungssystem der Nylon-bags

Beschriftung	Fortlaufende Nummer	Futtermittel	Ochse	Inkubationsstufe
26428.777.1.2	26428	777	1	2
26429.777.2.2	26429	777	2	2
26535.779.3.4	26535	779	3	4
26536.779.4.4	26536	779	4	4

Danach wurden die fertig beschrifteten bags für mindestens zwei Stunden bei 103°C in den Trockenschrank gegeben. Nach der Trocknung wurden sie sofort in einen Exsikkator gelegt. Zur Gewichtsbestimmung, welche mittels einer Laborwaage der Firma SARTORIUS erfolgte, wurden die bags einzeln dem Exsikkator entnommen. Der Prozess des Trocknens diente dazu, den nylon bags die Restfeuchte zu entziehen.

Grundsätzlich wurden die Säckchen mehrmals verwendet, soweit keine Schäden am Material auftraten. Vor der Wiederverwendung mussten die bags gewendet und bei 30°C, ohne Zusatz von Waschmitteln, in der Waschmaschine gewaschen werden. Nach einer Trocknungsphase bei 103°C wurden die bags wieder gewendet und in den Versuchsablauf eingebunden. Nach dreimaliger Verwendung erfolgte das Aussortieren der bags.

### 3.3.3 EINWAAGE DES PROBENMATERIALS

Die Einwaage der Futtermittel verlief nach einem eigens dafür angefertigten Einwaageplan der mit einer Toleranz von +/- 0,05 g eingehalten wurde. Das Oberflächen-Futtermittelverhältnis variierte zwischen 15,8 und 17,2 mg pro cm<sup>2</sup>. Für Säckchen, welche 0 bis 65 Stunden inkubiert werden sollten, waren 5,7 g an Probenmaterial vorgesehen und für die Zeitstufen von 92 und 120 Stunden wurden 6,2 g eingewogen.

Nach der Prozedur des Einwiegens erfolgte die Abdichtung der Säckchenöffnung etwa einen Zentimeter unterhalb der Kante mit Hilfe einer Schweißnaht. Damit sollte das Futtermittel am Austreten gehindert werden. Mittels Kabelbindern konnten die Säckchen der einzelnen Zeitstufen gebündelt und anschließend sortiert werden.

### 3.3.4 DER INKUBATIONSPLAN

Mittels der *in situ* Methode wurde in diesem Versuch die TM-Abbaubarkeit der Futtermittel an neun verschiedenen Zeitintervallen getestet. Die Inkubationszeit erstreckte sich dabei von 0 auf 120 Stunden (Tabelle 3.3-1).

Tabelle 3.3-2: Zeitstufen des Inkubationplans

Inkubationsplan											
Zeitstufe	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	RW
Inkubationsdauer (h)	0	3	6	10	14	24	42	65	92	120	24

Um den Trockenmasseabbau möglichst genau feststellen zu können, wurde, im Gegensatz zu der Kolbensilage, als längste Zeitstufe 120 Stunden gewählt. Für Zeitstufe sieben, acht und neun wurden jeweils zwei bags pro Futtermittel inkubiert, da bei längeren Zeitintervallen durch verstärkte physikalische Beanspruchung durch die Pansenbewegungen die bags eher schadhaft werden. Dadurch war die Wahrscheinlichkeit bei zwei bags pro Zeitstufe zumindest ein Ergebnis zu erhalten, eher gegeben. Innerhalb von sieben Tagen konnte ein gesamter Durchlauf aller Zeitstufen abgeschlossen werden. Die Maximalanzahl an inkubierten Säckchen lag bei 30 Stück pro Ochse.

### 3.3.5 DIE VERSUCHSTIERE

Am LFZ Raumberg-Gumpenstein standen für den *in-situ* Versuch vier pansenfistulierte Ochsen der Rasse Braunvieh im Alter zwischen acht und zwölf Jahren zur Verfügung. Den etwa 1200 kg schweren Tieren wurden im Jungtieralter Pansenfisteln der Firma Bar Diamond mit einem Durchmesser von 10 cm eingesetzt. Die Tiere wurden in einem Tretmiststall gehalten und viermal täglich, nämlich um 8, 11, 14 und 18 Uhr gefüttert. Gleichzeitig zu den Fütterungszeiten wurde auch inkubiert. Zwei Wochen vor Beginn des Versuches erfolgte die Umstellung der Ochsen auf die Versuchsration und die oben beschriebene Fütterungsfrequenz. Um ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den Pansenbakterien zu erzeugen sowie deren Entwicklung optimal zu fördern, wurde eine abwechslungsreiche Ration bestehend aus Heu, Grassilage, Maissilage und einer Krafftuttermischung gefüttert (Tabelle 3.3-3). Des Weiteren hatten die Tiere freien Zugang zu Wasser und konnten auch kleine Mengen an Stroh, welches als Einstreu diente, aufnehmen. Heu wurde jeweils nur um 8 und 18 Uhr gefüttert alle anderen Komponenten wurden viermal pro Tag verabreicht. Die Ration wurde konzipiert, um den Erhaltungsbedarf der Tiere abdecken zu können.

Tabelle 3.3-3: Fütterungsplan der Versuchstiere

Futtermittel	Rationsanteil (% der TM)	Menge (kg FM)
Maissilage	25	4,92
Grassilage	25	3,90
Krafftuttermischung	25	1,95
Heu	25	1,00

### 3.3.6 DER INKUBATIONSVORGANG

Inkubiert wurde nach einem im Vorfeld erstellten Zeitplan zu den vier Fütterungszeitpunkten. Die vorbereiteten bags wurden in einen Kübel mit etwa 37°C warmem Wasser gegeben, um die Säckchen auf eine rasche Besiedelung mit Pansenmikroben vorzubereiten. Die Ochsen wurden im Selbstfangfressgitter fixiert und gefüttert. Der Inkubationsvorgang begann mit dem Öffnen der Pansenfistel. An diesem Deckel war eine Kunststoffschnur mit einer Länge von ca. 50 cm befestigt. Am anderen Ende der Schnur war ein etwa ein Kilogramm schwerer Metallring befestigt (Abbildung 3.3-2).



Abbildung 3.3-2: Metallring mit Schnur

Nachdem dieser Ring aus dem Pansenraum entnommen wurde (Abbildung 3.3-3), konnten mittels Kabelbindern die vorbereiteten bags an Ringlöchern des Metallrings befestigt werden. Zuvor wurden aber noch die zu entfernenden bags vom Ring getrennt und in einen vorbereiteten Kübel mit Eiswasser getaucht. Dies diente dazu, die Aktivität der Pansenmikroben zu beenden, um eine Verfälschung des Trockenmasseabbaus zu verhindern. Danach wurde der Ring samt den bags wieder im ventralen Pansensack platziert und die Fistel geschlossen. Dieser Vorgang wiederholte sich für alle Tiere. Die entnommenen bags, die bis zur Beendigung des Vorganges im Eiswasser lagen, wurden anschließend vorsichtig mit kaltem Wasser abgespült. Dies diente dazu, Pansenmaterial welches sich auf der Oberfläche der bags befand, zu entfernen.



Abbildung 3.3-3: Entnahme des Metallring und der Nylon-bags aus dem Pansen

Danach wurden die Säckchen in einer Miele NOVOTRONIC W507 Waschmaschine gewaschen. Es wurde ein Wollprogramm gewählt, welches die Säckchen etwa 40 Minuten bei kaltem Wasser wusch. Auf ein Schleudern wurde verzichtet um das Ergebnis möglichst nicht zu verfälschen. Danach wurden die bags der Waschmaschine entnommen, leicht mit der Hand ausgedrückt und in großen Plastiksäcken gesammelt, welche bei einer Temperatur von  $-18^{\circ}\text{C}$  tiefgefroren wurden. Gegen Ende des Versuches mussten die Säcke nacheinander dem Tiefkühlraum entnommen und bei Raumtemperatur aufgetaut werden. Nach Abschluss des Vorganges wurden die Säckchen in einem großen Trockenschrank einzeln aufgelegt, wo sie für zwei Tage bei  $50^{\circ}\text{C}$  einer schonenden Trocknung unterzogen wurden. Zum Entzug des Restwassers erfolgte eine Zwischenlagerung der bags in einem Exsikkator. Anschließend wurden diese einzeln rückgewogen.

### **3.3.7 BESTIMMUNG DER AUSWASCHUNGSVERLUSTE**

Die gemahlene Futtermittelprobe beinhalten kleinste Partikel und leicht lösliche Stoffe. Diese können durch die feinen Poren der bags schnell entweichen. Deshalb ist es wichtig die Auswaschungsverluste zu quantifizieren, damit die Abbaubarkeitsmessungen möglichst nicht verfälscht werden. Für jedes zu prüfende Futtermittel wurden Säckchen vorbereitet welche nicht inkubiert wurden (Zeitstufe 0). Der Ablauf des Inkubationsvorganges von diesen bags,

wie das Einweichen in warmes Wasser, der Waschvorgang, das Einfrieren und Trocknen, war derselbe wie jener der zu inkubierenden Säckchen.

### **3.3.8 BESTIMMUNG DER TROCKENMASSE**

Die Futtermittel weisen bei der Einwaage im Schnitt einen Trockenmassegehalt von etwa 87 % auf. Um den exakten TM-Gehalt zu bestimmen, wurden 2 Proben in bereits gewogenen Aluminiumbehältern bei 103°C für 24 Stunden getrocknet und rückgewogen. Um die Trockenmasse der inkubierten Proben zu ermitteln, wurden je Futtermittel zwei zusätzliche bags für 24 Stunden in zwei beliebige Ochsen inkubiert. Diese wurden wie die nach Inkubationsplan inkubierten Proben behandelt. Nach der schonenden Trocknung bei 50°C wurden diese zwei Säckchen gewogen und bei 103°C nochmals für 24 Stunden getrocknet. Nach einer Zwischenlagerung im Exsikkator wurden die bags rückgewogen und der TM-Gehalt des inkubierten Probenmaterials bestimmt.

## **3.4 IN VIVO-VERDAULICHKEITSVERSUCH**

Die Ermittlung der Verdaulichkeiten der neun Silomais-Ganzpflanzensilagen erfolgte mit 16 Hammeln. Je Futtermittel wurden 4 Hammel für die Verdaulichkeitsmessung herangezogen. Die für die Verdauungsversuche herangezogenen Proben wurden während eines Fütterungsversuches mit Milchkühen über einen Zeitraum von 12 Wochen gesammelt und zu einer repräsentativen Mischprobe vermengt. Dabei handelte es sich um Ganzpflanzensilagen der neun Silomaisarten. Die Durchführung der Versuche erfolgte nach den „Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern“ (GfE 1991).

### **VERSUCHSTIERE UND RATIONSGESTALTUNG**

Die Verdauungsversuche wurden mit sechzehn Hammeln der Rasse Bergschaf durchgeführt. Die Lebendmasse der vier bis fünf Jahre alten Tiere betrug im Durchschnitt 65 kg. Die Hammel wurden während der 14-tägigen Hauptperiode in Stoffwechsellkäfigen gehalten um ein problemloses Sammeln der Exkremente zu gewährleisten. Die Fütterung erfolgte zweimal täglich morgens und abends. Wasser stand über den gesamten Versuchszeitraum zur freien Verfügung.

Alle über den Versuch hinweg benötigten Rationen wurden gleichzeitig eingewogen und tiefgefroren. Durch diesen Vorgang wurde gewährleistet, dass homogenes Probenmaterial mit einem einheitlichen Trockenmassegehalt zur Verfügung stand. Zur Bestimmung des Trockenmassegehalts und für weitere Analysen wurde während des Einwiegens eine



Sammelprobe von jedem Futtermittel erstellt. Diese wurden bis zur Durchführung der chemischen Analysen ebenfalls tiefgefroren.

Um eine ausreichende Stickstoffversorgung der Mikroben zu gewährleisten, muss nach den „Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern“ (GfE 1991) ein Rohproteingehalt von mindestens 12 Prozent in der Gesamtration eingestellt werden. Um diesen Anspruch zu erfüllen, wurde die Ration mit 150 g Sojaschrot pro Kilogramm Maissilage supplementiert. Des Weiteren wurden jedem Tier 20 g Mineralstoffmischung sowie 4 g Viehsalz täglich verabreicht, um den Bedarf an Mengen- und Spurenelementen zu decken.

### **DIE VERSUCHSDURCHFÜHRUNG**

Der erste Teil der Verdauungsversuche bestand aus der sogenannten zweiwöchigen Vorperiode. Sie diente dazu die Tiere an die Versuchsration zu gewöhnen und den Verdauungskanal von Futterresten zu befreien. In der folgenden zweiwöchigen Hauptperiode wurden die Hammel in Stoffwechselläufigen gehalten. Mittels der angelegten Kotbeutel konnte der Kot getrennt vom Harn gesammelt werden, welcher durch ein Urinal abgeleitet wurde. Die Beutel wurden zweimal täglich, das Urinal einmal pro Tag entleert. Jeweils 30 % des Kots und 10 % des Harns wurden für Sammelproben aufbewahrt. Die gesammelten Exkremate wurden über die gesamte Versuchsdauer bei 4°C gelagert. Nach Abschluss der Versuche wurde die gesammelte Kotmenge durch Mixen homogenisiert, getrocknet und auf 1 mm Partikellänge vermahlen. Die aufbereiteten Kotproben, sowie die Sammelproben der Maissilage wurden anschließend im Labor chemisch analysiert. Dabei wurden mittels der Weender-Analyse die Rohnährstoffe bestimmt und mit Hilfe der Detergenzienanalyse die Gehalte an NDF, ADF und ADL. Die Berechnung der Verdaulichkeit erfolgte nach den Formeln der GfE (1991, Kapitel 3.2.2.3). Da zusätzlicher Sojaschrot in die Ration eingeflossen ist, musste dieser bei der Berechnung der Verdaulichkeit berücksichtigt werden. Die Werte für die Verdaulichkeit von Sojaschrot wurden der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer (1997) entnommen.

### **AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE**

Aus den Daten der Futtermittelanalyse sowie den Nährstoffgehalten im Kot kann der Gehalt an verdauten Rohnährstoffen ermittelt werden. Dies erfolgt nach den Vorgaben der „Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern“ (GfE 1991):

**Rohnährstoff im Futter (g / Tag) =**

Futtermenge (g/Tag) × Rohnährstoffgehalt im Futter (g/kg)

**Rohnährstoff im Kot (g/Tag) =**

Kotmenge (kg/Tag) × Rohnährstoffgehalt im Kot (g/kg)

**Verdauter Rohnährstoff (g/Tag) =**

Rohnährstoff im Futter (g/Tag) - Rohnährstoff im Kot (g/Tag)

Nachdem der absolute Gehalt an verdauten Rohnährstoffen bekannt ist kann der Verdauungskoeffizient (VQ) berechnet werden. Er gibt an wie hoch der Anteil des verdauten Rohnährstoffs am Gehalt des Rohnährstoffes im Futtermittel ist. Die Berechnung erfolgt anhand folgender Formel:

**VQ (%) = verdauter Rohnährstoff (g/Tag)/gefressener Rohnährstoff (g/Tag) × 100**

Der Verdauungskoeffizient wird auch für die organische Substanz berechnet. Damit wird angegeben wie hoch der Anteil der verdaulichen organischen Substanz im Futtermittel ist. Die Ergebnisse aus der Verdaulichkeitsberechnung fließen in die Ermittlung des Energiegehaltes der Silomaissorten mit ein. Der Gehalt an umsetzbarer Energie wird nach den Regeln der GfE (2001) bestimmt. Allerdings ist dies nicht mehr Thema der vorliegenden Diplomarbeit.

## **4 ERGEBNISSE UND DISKUSSION**

### ***4.1 TM-ABBAU DER RESTPFLANZENSILAGE IM PANSEN***

Im folgenden Kapitel wird der ruminale Trockenmasseabbau von neun verschiedenen Silomaisrestpflanzensilagen dargestellt. Damit der genotypische und physiologische Einfluss auf die Abbaubarkeit der Restpflanzensilage ermittelt werden kann, soll vorerst der TM-Gehalt und die Nährstoffzusammensetzung des Ausgangsmaterials betrachtet werden. Die Ergebnisse zum ruminalem Trockenmasseabbau der Kolbenschrot-Silage aus diesem Versuch wurden in BREITFUSS (2010) veröffentlicht.

#### **4.1.1 TM-GEHALT DER RESTPFLANZE**

Die untersuchten neun Silomaishybriden wurden an zwei Terminen über den Reifeverlauf geerntet. Dadurch wurde Versuchsmaterial aus unterschiedlichen Reifestadien der Maispflanze gewonnen, anhand dessen die Abbaubarkeit im Pansen bestimmt werden konnte. Der Reifezeitpunkt 1 für die Sorten Nuestro, NK-Falkone, Roberto, PR39T45, Ronaldinio und PR39F58 fiel auf den 27.08.2007 und der Reifezeitpunkt 2 war 17 Tage später am 13.09.2007. DK315 und Friedrixx wurden ebenfalls am 27.08.2007 erstmals geerntet. Die zweite Ernte erfolgte am 19.09.2007. Für die Sorte Beatle fielen die Reifezeitpunkte 1 und 2 auf den 05.09.2007 und den 19.09.2007.

In Tabelle 4.1-1 sind der Restpflanzenanteil an der Gesamtpflanze sowie die Trockenmasse der geernteten Restpflanzen zu den beiden Reifezeitpunkten dargestellt. Zur besseren Orientierung bezüglich des Entwicklungsstadiums der Maispflanze wurde auch der TM-Gehalt des Kolbens angeführt. Im Vegetationsverlauf kommt es zu einer Zunahme an Kolbensubstanz durch Wachstum und Einlagerung der Assimilate aus der Restpflanze. Der steigende Kolbenanteil gekoppelt mit einem Anstieg des Stärkegehaltes im Kolben ist für einen hohen Energiegehalt in der Silage ausschlaggebend (GROSS 1979, HEIN und GRUBER 2003). Der Restpflanzenanteil nimmt über den Reifeverlauf ab. Die Abnahme des Restpflanzenertrages ist auf einen Verlust der Blattmasse zurückzuführen (TOLERA et al. 1998). Dieser Zusammenhang konnte auch in der vorliegenden Arbeit beobachtet werden. Der Anteil der Restpflanze an der Gesamtpflanze liegt zum ersten Erntetermin im Durchschnitt über alle Sorten bei 52,2 % und sinkt zum zweiten Termin auf 45,5 % ab. Besonders die frühreifen Sorten Nuestro und NK-Falkone verzeichneten einen stärkeren Rückgang des Restpflanzenanteils. Im Vergleich der einzelnen Gruppen zeigt die Reifegruppe 3 zum ersten Erntetermin den höchsten Restpflanzenanteil von 53,8 %. Zum zweiten Termin liegt die Reifegruppe 3 mit 46,1 % leicht über den Werten der Gruppe 3 und

1 (45,6 bzw. 44,8 %). Die tendenziell höheren Werte für die spätreiferen Sorten lassen auf eine weniger weit fortgeschrittene Entwicklung derselben zu den Erntezeitpunkten schließen.

In Bezug auf den TM-Gehalt der Restpflanze konnten keine großen Veränderungen zwischen den beiden Reifezeitpunkten festgestellt werden. Im Mittel lag der TM-Gehalt zu Beginn bei 20,6 % und sank zum zweiten Termin auf 20,3 % ab. Während der TM-Gehalt für die Reifegruppen 1 und 2 über den Reifeverlauf annähernd den gleichen Wert aufwies, zeigte die Reifegruppe 3 einen leichten Rückgang von 21,2 auf 20,4 %. Nach GROSS und PESCHKE (1980b) steigt der TM-Gehalt der Restpflanze von 14 % zu Beginn der Kolbenbildung auf 28 % bei der Druschreife der Körner an. Über den Zeitraum der Siloreife bleibt der TM-Gehalt der Restpflanze relativ konstant. Die vorliegenden Ergebnisse zur Restpflanzen-TM sind mit jenen von ZELLER (2009) vergleichbar. In dieser Arbeit wurden 16 Silomaisorten zu vier verschiedenen Terminen geerntet. Der Erntezeitpunkt richtete sich nach der Korn-TM. Zu den ersten beiden Terminen lag die Korn-TM zwischen 48 und 58 %, zu den beiden letzten Terminen zwischen 60 und 70 %. Bezüglich der Restpflanzen-TM konnte ZELLER (2009) an den ersten beiden Erntezeitpunkten Werte von 19,6 bzw. 20,4 % feststellen. Erst zum vierten Erntezeitpunkt kam es zu einem Anstieg auf 28 %. Ähnliche Ergebnisse finden sich auch bei ETTLE und SCHWARZ (2003) und KURTZ (2006)

Tabelle 4.1-1: TM-Gehalt des Kolbens sowie Restpflanzenanteil und TM-Gehalt der untersuchten Maisrestpflanzen zu den Reifzeitpunkten 1 und 2 in %

Sorte	RZP	TM-Gehalt des Kolbens (%)	Restpflanzenanteil (%)	TM-Gehalt der Restpflanze (%)
Nuestro	1	49,7	51,4	21,3
	2	53,8	42,2	20,2
NK-Falkone	1	48,6	51,7	20,4
	2	55,7	42,9	20,0
Beatle	1	47,5	50,5	19,4
	2	53,5	49,5	20,7
<i>Reifegruppe 1 Mittel</i>	1	48,6	51,2	20,4
	2	54,3	44,8	20,3
Roberto	1	44,3	54,4	20,5
	2	51,1	46,0	19,2
PR39T45	1	49,1	49,9	19,6
	2	56,4	44,0	20,5
Ronaldinio	1	49,2	50,1	20,7
	2	53,3	48,4	20,8
<i>Reifegruppe 2 Mittel</i>	1	47,5	51,5	20,3
	2	53,6	46,1	20,2
DK315	1	49,2	50,1	20,7
	2	49,9	45,7	21,4
PR39F58	1	44,5	51,4	21,8
	2	51,7	44,2	19,1
Friedrixx	1	38,7	60,0	21,2
	2	51,2	46,8	20,7
<i>Reifegruppe 3 Mittel</i>	1	44,1	53,8	21,2
	2	50,9	45,6	20,4
<i>Reifezeitpunkt Mittel</i>	1	46,7	52,2	20,6
	2	52,9	45,5	20,3

## 4.1.2 DIE NÄHRSTOFFZUSAMMENSETZUNG DER RESTPFLANZE

### ROHNÄHRSTOFFE

In Tabelle 4.1-2 sind die Analysedaten zum Rohnährstoffgehalt und den pflanzlichen Gerüstsubstanzen der untersuchten Maissilagen angeführt. Die Entwicklung des Pflanzenbestandes über den Reifeverlauf soll damit veranschaulicht werden.

Betrachtet man die *Rohaschegehalte* (XA) der einzelnen Reifegruppen lassen sich kaum Unterschiede zwischen den Sorten zu den jeweiligen Reifezeitpunkten feststellen. Der durchschnittliche Gehalt an Rohasche liegt bei 66 bzw. 68 g/kg TM im Sortenmittel (RZP 1 bzw. RZP 2). Tendenziell weisen die spätreiferen Sorten geringfügig niedrigere Rohaschegehalte auf.

Der *Rohproteingehalt* (XP) der getesteten Sorten vermindert sich im Zuge der Abreife. Zum RZP 1 weisen die Sorten im Mittel noch einen XP-Gehalt von 74 g/kg TM auf wohingegen zum RZP 2 nur noch bei 68 g/kg TM im Mittel vorhanden waren. Der Rückgang des XP-Gehaltes im Reifeverlauf war bei allen neun Sorten mehr oder weniger stark feststellbar. Auch hier finden sich wiederum etwas höhere Gehalte an Rohprotein für die Sorten der Reifegruppe 3.

Der Gehalt an *Rohfett* (XL) war den Erwartungen entsprechend niedrig. Im Zuge des Reifeverlaufs konnte bei allen Sorten ein leichter Rückgang des Rohfettes verzeichnet werden. Der Durchschnittswert lag für den RZP 1 bei 16 g/kg TM und für den RZP 2 bei 14 g/kg TM.

In Bezug auf die *Stickstofffreien Extraktstoffe* (NfE) konnten kaum Unterschiede im Sortenmittel zwischen den beiden Reifezeitpunkten festgestellt werden. Anders hingegen der Gehalt an *Nichtfaserkohlehydraten* (NFC). Dieser nimmt mit zunehmendem Alter der Restpflanze im Durchschnitt von 178 auf 150 g/kg TM ab (RZP 1 bzw. RZP 2). Dieser Rückgang wird bei den Sorten Nuestro, Robert und PR39T45 besonders deutlich. Bei den Sorten NK-Falkone, Beatle und Ronaldinio konnte hingegen ein Anstieg des NFC-Gehaltes festgestellt werden. Grundsätzlich zeigt die Reifegruppe 3 die höchsten (194 bzw. 182 g/kg TM) und die Reifegruppe 1 die niedrigsten Werte an NFC über den Reifeverlauf (161 bzw. 169 g/kg TM).

Ähnliche Ergebnisse hinsichtlich der Nährstoffgehalte von Maisrestpflanzen finden sich in diversen Untersuchungen wie beispielsweise von ETTLE und SCHWARZ (2003), GROSS und PESCHKE (1980b), IRLBECK et al. (1993) oder KURTZ (2006). ZELLER (2009) stellte ebenfalls eine Verminderung des Rohproteingehaltes in der Restpflanze über den Reifeverlauf fest. Des Weiteren wurde in dieser Untersuchung ein Zusammenhang zwischen der Abnahme des Rohproteingehaltes und der Reifegruppe gefunden. Spätreife Sorten

zeigten einen weniger starken Rückgang an Rohprotein als frühreife. Auch in der vorliegenden Arbeit konnten geringere Abnahmen an Rohprotein bei der Reifegruppe 3 festgestellt werden.

Tabelle 4.1-2: Rohnährstoffgehalte und Zellwandbestandteile der untersuchten Maisrestpflanzensilage zu den Reifezeitpunkten 1 und 2 (RZP)

Sorte	RZP	Rohnährstoffe (g/kg TM)						Zellwandbestandteile (g/kg TM)		
		XA	XP	XL	XF	NfE	NfC	NDF	ADF	ADL
Nuestro	1	70	68	15	369	478	200	647	425	43
	2	71	66	13	405	441	156	690	452	57
NK-Falkone	1	73	74	14	409	430	132	707	466	66
	2	66	63	14	391	461	190	662	445	62
Beatle	1	71	73	16	395	445	151	689	438	62
	2	69	66	14	412	435	161	685	469	55
<i>Reifegruppe 1 Mittel</i>	1	71	72	15	391	451	161	681	443	57
	2	68	65	14	403	446	169	679	455	58
Roberto	1	72	73	17	369	469	189	649	407	38
	2	69	60	14	403	451	166	688	451	42
PR39T45	1	68	72	16	390	454	179	666	445	51
	2	65	71	16	407	437	126	718	445	50
Ronaldinio	1	65	74	16	400	445	174	671	426	42
	2	63	69	14	379	470	191	659	419	41
<i>Reifegruppe 2 Mittel</i>	1	68	73	17	386	456	181	662	426	44
	2	66	67	15	396	453	161	688	438	44
DK315	1	65	82	17	379	457	190	646	409	40
	2	60	72	14	400	450	156	694	450	45
PR39F58	1	63	71	14	382	471	187	666	428	42
	2	71	72	14	404	435	183	656	417	49
Friedrixx	1	68	81	17	388	445	205	628	405	44
	2	63	75	16	394	448	206	636	424	44
<i>Reifegruppe 3 Mittel</i>	1	65	78	16	383	458	194	647	414	42
	2	65	73	15	399	445	182	662	430	46
<i>Reifezeitpunkt Mittel</i>	1	68	74	16	387	455	178	663	428	48
	2	66	68	14	399	448	150	677	441	50

## PFLANZLICHE GERÜSTSUBSTANZEN

Der Anteil an *Rohfaser (XF)* in der Restpflanze nimmt im Vegetationsverlauf leicht zu. Lag der Mittelwert über alle Sorten zum RZP 1 noch bei 387 g/kg TM so stieg der Wert zum RZP 2 auf 399 g/kg TM. Den niedrigsten Gehalt an XF wies die RG 3 mit 383 g/kg TM zum RZP 1 und den höchsten Gehalt die RG 1 zum RZP 2 mit 403 g/kg TM auf. Grundsätzlich ist der Rohfasergehalt für die spätreifen Sorten etwas niedriger.

Eine ähnliche Entwicklung zeigt auch der Gehalt an *Neutral-Detergenzien-Faser (NDF)* in der Restpflanze. Im Mittel steigt der Wert für die NDF um 14 g/kg TM von 663 auf 677 g/kg TM von RZP 1 auf RZP 2 an. Der Wert für die Reifegruppe 1 bleibt relativ konstant, wohingegen die Werte für die Reifegruppe 2 und 3 im Reifeverlauf etwas steigen. Die geringsten NDF-Gehalte zu beiden Reifezeitpunkten lassen sich für die Reifegruppe 3 feststellen (647 bzw. 662 g/kg TM).

Der Gehalt an *Säure-Detergenzien-Faser (ADF)* weist ebenfalls einen Anstieg im Mittel aller Sorten von 428 auf 441 g/kg TM im Reifeverlauf auf. Für die frühreife Sortengruppe liegt der ADF-Gehalt um 29 bzw. 25 g/kg TM (RZP 1 bzw. RZP 2) höher als für die spätreifere Gruppe.

Der Anteil an *Säure-Detergenzien-Lignin (ADL)* ist im Reifeverlauf kaum einer Veränderung unterworfen. Das Sortenmittel liegt zum RZP 1 bei 48 g/kg TM und zum RZP 2 bei 50 g/kg TM. Auch hier ist wiederum mit einem tendenziell niedrigeren Ligningehalt bei Sorten mit höheren Reifezahlen zu rechnen.

Ein Ansteigen der pflanzlichen Gerüstsubstanzen im Restpflanzenmaterial über die Vegetationsperiode, wie er auch anhand dieser Daten zu beobachten ist, basiert auf physiologischen Prozessen in der Pflanze. Mit fortschreitendem Alter der Restpflanze kommt es vermehrt zum Aufbau von Gerüstsubstanzen und zur Auslagerung von Assimilaten in den Kolben. Dies bestätigen diverse Untersuchungen wie etwa von ZSCHEISCHLER et al. (1974) oder PEX et al. (1996). ZELLER (2009) stellte ebenfalls eine Zunahme der Gerüstsubstanzen mit fortschreitender Reife fest. Zudem wurden hier die höchsten Anteile an Zellwandbestandteilen bei den spätreifen Sorten festgestellt. In der vorliegenden Arbeit zeigte sich jedoch ein gegenläufiger Trend ab. Hier waren es die frühreifen Sorten die den höchsten Gehalt an Gerüstsubstanzen aufwiesen. Dieser Umstand lässt sich durch den uneinheitlichen Reifezustand der neun Sorten erklären. Alle Sorten wurden annähernd zeitgleich geerntet und somit war die Gruppe der spätreifen Silomaishybride in ihrer Entwicklung noch nicht so weit fortgeschritten. Daraus resultiert der geringere Anteil an Zellwandbestandteilen bei eben diesen.



### 4.1.3 EINFLUSS DES ERNTEZEITPUNKTES AUF DIE PARAMETER DES TM-ABBAUS IM PANSEN

Der Trockenmasseabbau der Restpflanzensilage lässt sich anhand der Formel nach ØRKSOV und McDONALD (1979) beschreiben. Die ermittelten Parameter der neun Silomaisorten sind in Tabelle 4.1-3 angeführt. Die Abbauparameter  $a$ ,  $b$  und  $c$  verändern sich je nach Erntezeitpunkt und Sorte unterschiedlich.

Der Anteil der *löslichen und vollständig abbaubaren Fraktion  $a$*  liegt zum RZP 1 im Sortenmittel bei 20,3 % und beträgt zum RZP 2 nur mehr 17,5 %. Ein Rückgang der Fraktion  $a$  über den Reifeverlauf ist bei allen Sorten mehr oder weniger stark erkennbar. Bei näherer Betrachtung fällt auf, dass besonders die Sorten der Reifegruppe 1 die niedrigsten Werte für die Fraktion  $a$  aufweisen (18,7 bzw. 15,8 %). Den höchsten Wert für die Fraktion  $a$  zu beiden Reifezeitpunkten zeigt die Sorte Roberto mit 27,4 bzw. 23,4 %.

Für die *unlösliche, potentiell abbaubare Fraktion  $b$*  lassen sich unterschiedliche Entwicklungen zwischen den einzelnen Sorten feststellen. Im Durchschnitt ist vom RZP 1 zum RZP 2 ein Absinken der Fraktion  $b$  von 45,9 auf 45,6 % zu beobachten. Bei den Sorten Nuestro, PR39T45, DK315 und Friedrixx kommt es zu einem Anstieg der Fraktion  $b$  über den Reifeverlauf wohingegen es bei den restlichen Sorten zu einem Rückgang derselben kommt. Zwischen der unterschiedlichen Entwicklung der Fraktion  $b$  im Zuge der Abreife und den Reifezahlen der einzelnen Sorten konnte kein Zusammenhang ermittelt werden. Die höchsten Anteile der Fraktion  $b$  zu den beiden Reifezeitpunkten lassen sich für die Reifegruppe 1 erkennen (47,2 bzw. 47,1 %) und die niedrigsten für die Reifegruppe 2 (44,3 bzw. 42,8 %).

Die *Konstante der Abbaurrate  $c$*  liegt im Durchschnitt zu Beginn des Versuchs mit 3,01 %  $h^{-1}$  etwas höher als am Ende mit 2,78 %  $h^{-1}$ . Zwischen den einzelnen Reifegruppen lassen sich keine Unterschiede erkennen. Den höchsten Wert für die Abbaurrate  $c$  weist die Sorte Beatle zum RZP 1 auf (3,43 %  $h^{-1}$ ) und den niedrigsten Wert die Sorte PR39T45 zum RZP 2 (2,42 %  $h^{-1}$ ).

Die *potentielle Abbaubarkeit ( $a+b$ )* gemittelt über alle Sorten sank von RZP 1 auf RZP 2 um 3,1 % von 66,2 auf 63,1 % ab. Die Reifegruppe 3 weist mit 66,7 und 64,3 % die größte potentielle Abbaubarkeit zu beiden Ernteterminen auf. Die Überlegenheit der Reifegruppe 3 zeigt sich mit zunehmender Reife. Hier liegen die spätreifen Sorten im Mittel um 1,4 bzw. 2,1 % über denen der Reifegruppen 1 und 2.

Die Ergebnisse für die Fraktion  $a$  stimmen mit denen aus der Literatur überein. So haben beispielsweise AKBAR et al. (2002) und KURTZ (2006) in ihren Versuchen zum TM-Abbau verschiedener Maisrestpflanzen ebenfalls eine Reduktion derselben über den Reifeverlauf

feststellen können. Die absoluten Werte für die Fraktion a im Mittel der geprüften Sorten liegen bei MGHENI et al. (2001) und TOLERA et al. (1998), die Versuche an der Maisrestpflanze im afrikanischen Raum durchführten etwas niedriger. TOLERA (1998) konnte ebenfalls einen Rückgang der Fraktion a zwischen den einzelnen Erntezeitpunkten feststellen. Zu Beginn lag der Wert bei 14,6 % und zum letzten Erntezeitpunkt nur mehr bei 14,1 %. Bei Studien aus dem europäischen Raum finden sich meist etwas höhere Gehalte der Fraktion a. So nimmt die Fraktion a bei AKBAR et al. (2002) für den ersten Erntezeitpunkt einen Wert von 28,4 % und für den zweiten Erntezeitpunkt einen Wert von 23,6 % an und liegt somit deutlich über den Ergebnissen aus dem vorliegenden Versuch. Auch bei KURTZ (2006) finden sich höhere Gehalte für die Fraktion a. Zurückzuführen ist der niedrigere Anteil der Fraktion a auf einen höheren NDF-Gehalt in der Restpflanze, der laut PARYS et al. (2000) maßgeblich die Abbaubarkeit der Restpflanze beeinflusst. Damit wären auch die niedrigeren Werte für die Fraktion a der Reifegruppe 1 erklärt, welche unter denen der Gruppe 2 und 3 lagen. Die einzelnen Sorten wurden zeitgleich geerntet. Dies bedeutet, dass sie sich in Bezug auf das Vegetationsstadium unterschieden und verschiedene TM-Gehalte im Kolben aufwiesen. Daher konnten bei den Sorten der Gruppe 1 höhere Gehalte an NDF, ADF und Lignin festgestellt werden, die zu einer Verminderung der sofort löslichen Fraktion a führen. Untersuchungen von TOVAR-GÓMEZ et al. (1997) folgten einem anderen Versuchsaufbau. Hier wurden die einzelnen Sorten bei exakt derselben Korn-TM geerntet und befanden sich daher im gleichen Vegetationsstadium. Dabei zeigten die frühreifen Sorten einen niedrigeren NDF-Gehalt und einen höheren Wert für die Fraktion a. Auch die Versuche von ZELLER (2009) folgten dem gleichen Aufbau. Hier konnten ebenfalls niedrigere Werte für den NDF-Gehalt der frühreifen Sortengruppe festgestellt werden.

Schwerer sind hingegen die ungerichteten Veränderungen der Fraktion b einzelner Sorten über den Reifeverlauf zu erklären. ZELLER (2009) konnte eine Steigerung der Fraktion b mit zunehmender Entwicklung der Restpflanze feststellen. Ein Unterschied zwischen früh- und spätreifen Sorten bestand nicht. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von AKBAR et al. (2002) und KURTZ (2006) die im Mittel aller Sorten ebenfalls eine Steigerung der Fraktion b über den Reifeverlauf feststellen konnten. Betrachtet man jedoch die Daten aller drei Studien genauer lässt sich erkennen, dass es sortenspezifisch ebenfalls Rückgänge der Fraktion b im Restpflanzenmaterial zwischen den ersten beiden Erntezeitpunkten gibt. Prinzipiell besteht eine negative Korrelation zwischen der Abbaubarkeit der TM und dem Gehalt an pflanzlichen Gerüstsubstanzen (FLACHOWSKY et al. 1993, TOVAR-GÓMEZ et al., 1997, TOLERA et al. 1998). Jedoch nicht der Gehalt an NDF allein bestimmt die Abbaubarkeit sondern auch die Zusammensetzung. So beeinflussen der ADF- und Ligningehalt, sowie Zellwandbestandteile wie etwa Phenolcarbonsäure die Abbaubarkeit der TM wesentlich

(SÜDEKUM et al. 1995). Bei Betrachtung der Werte für die pflanzlichen Gerüstsubstanzen fällt lediglich auf, dass es bei den Sorten für welche es zu einem Anstieg der Fraktion b kommt, gleichzeitig auch der NDF-Gehalt wesentlich ansteigt. Der Anteil an NFC geht tendenziell zurück. Für alle anderen Sorten mit Ausnahme von Roberto kam es zu einem Abfall der NDF und zu einem Anstieg des NFC-Gehaltes zwischen Reifezeitpunkt 1 und 2.

TOVAR-GÓMEZ et al. (1997) konnten für die Konstante der Abbaurate verschiedener Maissorten Werte zwischen 3,2 und 3,8 % h<sup>-1</sup> ermitteln. Ein Rückgang der Abbaurate c konnte auch bei ZELLER (2009) festgestellt werden. Die Autorin stellte eine Abnahme im Sortenmittel über alle Versuchsjahre von 4,84 auf 4,12 % h<sup>-1</sup> zwischen der ersten und letzten Ernte fest. Im Gegenzug zur Kolbensilage (BREITFUSS, 2010), wo die Abbaugeschwindigkeit durch steigende Gehalte an NfE und NFC durchwegs zunimmt, verlangsamt sie sich in der Restpflanze durch Zunahme der Zellwandbestandteile. Mit Ausnahme der Sorte Nuestro, bei der es zu einem Anstieg der Abbaurate c von 2,79 auf 3,01 % h<sup>-1</sup> kam, zeigte sich bei allen anderen Sorten ein Rückgang. Den stärksten Rückgang wiesen die Sorten Beatle, PR39T45 und NK-Falkone mit einer Abnahme der Abbaugeschwindigkeit von 0,68, 0,47 und 0,40 % h<sup>-1</sup> auf. Nahezu unverändert blieb der Wert für Ronaldinio, PR39F58 und Friedrixx mit Rückgängen von 0,03, 0,09 und 0,11 % h<sup>-1</sup>.

Der Rückgang der potentiellen Abbaubarkeit als Summe der Fraktionen a und b kann mit den Ergebnissen von TOLERA et al. (1998) und ZELLER (2009) verglichen werden. Auch hier kam es zu einer Abnahme der potentiellen Abbaubarkeit über den Reifeverlauf der bei ZELLER (2009) aber nicht immer statistisch abzusichern war. Nach AKBAR et al. (2002) ist dieser Rückgang auf einen Verlust des Zuckergehaltes im Stängel sowie auf eine Zunahme der Faserbestandteile mit zunehmender Abreife der Restpflanze zurückzuführen. Die Überlegenheit der spätreifen Sorten sollte aufgrund der unterschiedlichen Reifestadien zum Zeitpunkt der Ernte nicht überbewertet werden. Aufgrund des unterschiedlichen physiologischen Zustandes der Restpflanze zum Zeitpunkt der Ernte kann kein Rückschluss auf sortenspezifische Vorteile in der Abbaubarkeit der TM gezogen werden. Fest steht jedoch, dass ein früherer Erntezeitpunkt sich allgemein positiv auf die potentielle Abbaubarkeit der Maisrestpflanze auswirkt.

Tabelle 4.1-3: Parameter des *in situ*-Trockenmasseabbaus der untersuchten Restpflanzensilagen

Sorte	RZP	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	(a+b) (%)	lag (h)	ED 2 (%)	ED 5 (%)	ED 8 (%)
Nuestro	1	20,4	45,4	2,79	65,8	2,85	45,3	34,5	29,7
	2	14,8	48,6	3,01	63,3	3,86	41,8	29,8	24,4
NK-Falkone	1	17,4	50,1	2,94	67,6	3,01	45,5	33,4	28,0
	2	17,1	47,1	2,54	64,2	2,93	41,9	30,8	26,1
Beatle	1	18,4	45,9	3,43	64,3	3,48	45,4	34,1	28,8
	2	15,5	45,6	2,75	61,1	0,02	41,9	31,7	27,1
<i>Reifegruppe 1 Mittel</i>	1	18,7	47,2	3,05	65,9	3,11	45,4	34,0	28,8
	2	15,8	47,1	2,77	62,9	2,27	41,9	30,8	25,9
Roberto	1	27,4	42,5	2,87	69,9	4,29	50,4	39,9	35,3
	2	23,4	42,1	2,84	65,4	4,72	45,8	35,4	30,9
PR39T45	1	18,8	43,4	2,89	62,2	4,33	42,3	31,6	27,0
	2	16,2	45,0	2,42	61,2	3,40	39,2	28,5	24,1
Ronaldinio	1	18,9	47,1	3,27	66,0	4,49	45,6	33,7	28,4
	2	18,6	41,3	2,97	59,9	3,59	41,6	31,5	27,0
<i>Reifegruppe 2 Mittel</i>	1	21,7	44,3	3,01	66,0	4,37	46,1	35,1	30,2
	2	19,4	42,8	2,74	62,2	3,91	42,2	31,8	27,3
DK315	1	22,5	44,8	2,81	67,3	2,71	47,3	36,6	31,9
	2	15,8	50,9	2,47	66,7	3,82	41,9	29,7	24,7
PR39F58	1	19,1	47,7	3,15	66,8	4,23	46,0	34,1	28,7
	2	20,0	42,1	3,06	62,1	4,28	43,4	32,9	28,3
Friedrixx	1	19,8	46,0	2,91	65,8	2,89	45,5	34,5	29,6
	2	16,5	47,6	2,80	64,1	2,93	42,7	31,3	26,3
<i>Reifegruppe 3 Mittel</i>	1	20,5	46,2	2,96	66,7	3,28	46,3	35,1	30,1
	2	17,4	46,9	2,78	64,3	3,68	42,7	31,3	26,4
<i>Reifezeitpunkt Mittel</i>	1	20,3	45,9	3,01	66,2	3,59	45,9	34,7	29,7
	2	17,5	45,6	2,76	63,1	3,29	42,3	31,3	26,5

#### 4.1.4 EFFEKTIVE ABBAUBARKEIT

Aus den Parametern des TM-Abbaus lassen sich unter Berücksichtigung der angenommenen Passageraten von 2, 5 und 8 % h<sup>-1</sup> und der lag-Phasen die effektiven Abbaubarkeiten nach der Formel von ØRSKOV und McDONALD (1979) ermitteln. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.1-3 angeführt.

Die effektive Abbaubarkeit nimmt im Reifeverlauf in allen Reifegruppen ab. Ebenso kommt es bei einer zunehmenden Passagerate zu einer Verringerung der effektiven Abbaubarkeit. Bei einer Passage von 2 % h<sup>-1</sup> (ED 2) beträgt die effektive Abbaubarkeit zum Reifezeitpunkt 1 im Durchschnitt 45,9 % und zum Reifezeitpunkt 2 42,3 %. Nimmt man eine Passagerate von 5 und 8 % h<sup>-1</sup> (ED 5 und ED 8) an, so verringert sich der Wert auf 34,7 (ED 5) bzw. 29,7 % (ED 8) für den ersten Reifezeitpunkt. Für den zweiten Reifezeitpunkt liegt die effektive Abbaubarkeit bei 31,3 (ED 5) bzw. 26,5 % (ED 8). MGHENI et al. (2001) ermittelten bei Passageraten von 2 und 4 % h<sup>-1</sup> effektive Abbaubarkeiten von 49,30 und 37,56 %. Damit lagen sie über den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit. Auch KURTZ und SCHWARZ (2005) erzielten eine höhere effektive Abbaubarkeit für die geprüften Maisrestpflanzen. Zum ersten Erntezeitpunkt betrug diese im Durchschnitt 50,8 % (ED 8) und zum dritten Erntezeitpunkt noch 38,9 % (ED 8). Hier muss angemerkt werden dass unter anderem auch bm<sub>3</sub>-Hybride untersucht wurden, welche tendenziell eine höhere Abbaubarkeit aufweisen. Die erhöhte Abbaubarkeit beruht auf einer genetischen Veränderung des sogenannten brown-midrib Genes. Die Veränderung besteht in einer Verminderung des Ligningehaltes sowie in einer Verbesserung der Verdaulichkeit von Zellwandbestandteilen (BARRIÈRE und ARGILIER 1993, siehe Kapitel 2.1.3)

Vergleicht man nun die einzelnen Reifegruppen lässt sich kaum ein Unterschied feststellen. Der Unterschied in der effektiven Abbaubarkeit zwischen den Reifegruppen liegt zum RZP 1 bei 0,9 und 1,1 % (ED 2 und ED 5) bzw. bei 1,4 % (ED 8). Zum RZP 2 sind die Abstände zwischen den Reifegruppen mit 0,8 (ED 2), 1,0 (ED 5) und 1,4 % (ED 8) etwa auf demselben Niveau. Die Überlegenheit der Reifegruppe 3 in der potentiellen Abbaubarkeit lässt sich für die effektive Abbaubarkeit zum ersten RZP 1 nicht mehr feststellen. Auch bei KURTZ (2006) konnten, bezüglich der effektiven ruminalen Abbaubarkeit zwischen normalen und bm<sub>3</sub>-Hybriden, nur mehr geringe Unterschiede festgestellt werden, obwohl letztere höhere Werte für die Abbaubarkeitsparameter aufwiesen. Zum RZP 2 scheinen die Sorten der Reifegruppe 3 etwas besser abzuschneiden.

Eine besonders niedrige effektive Abbaubarkeit lässt sich bei der Sorte PR39T45 erkennen. Die effektive Abbaubarkeit liegt zum ersten Reifezeitpunkt bei 42,3 % (ED 2) bzw. bei 31,6 und 27,0 % (ED 5 und ED 8). Zum zweiten Reifezeitpunkt sinkt die effektive ruminale Abbaubarkeit auf 39,2 % (ED 2) bzw. 28,5 und 24,1 % (ED 5 und ED 8) ab.

Nach ZELLER et al. (2009) wirken sich Veränderungen bezüglich der Inhaltsstoffe der Maisrestpflanze signifikant auf die Abbaubarkeitscharakteristika aus. SCHWARZ und ETTLE (2000) haben in ihren Versuchen herausgefunden, dass die *in vitro*-Verdaulichkeit der Maisrestpflanze eng negativ mit dem Gehalt an pflanzlicher Gerüstsubstanz korreliert. Des Weiteren besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem Reifestatus und dem steigenden Gehalt an pflanzlicher Gerüstsubstanz in der Restpflanze. So kommt es mit zunehmendem Vegetationsstadium zu einer Senkung des Energiegehaltes und damit auch zu einem Rückgang in der Verdaulichkeit und Abbaubarkeit des Restpflanzenmaterials, da mit steigendem NDF-Gehalt ein Absinken des, im Vergleich zum Kolben (BREITFUSS 2010), ohnehin schon niedrigen NFC-Anteils zu beobachten ist (KURTZ 2006). FLACHOWSKY et al. (1993), die Untersuchungen zu den einzelnen Pflanzenteilen von Maisrestpflanzen durchgeführt haben, konnten eine starke Korrelation zwischen dem Ligningehalt in der Pflanze und dem Trockenmasseabbau feststellen. Besonders in den untersten Pflanzenteilen kam es mit zunehmender Reife zu einer stärkeren Lignifizierung und damit zu einem Rückgang in der Abbaubarkeit. Nach CONE und ENGELS (1993) hat neben dem Alter auch der Genotyp und somit die Sorte maßgeblichen Einfluss auf die Inkrustierung der Zellwände mit Lignin. Auch BARRIÈRE (2003) schreiben dem Ligningehalt den größten Einfluss auf die Abbaubarkeit von Zellwänden zu. Dagegen sprechen Forschungen von WILSON (1994), der der strukturellen Anordnung von Zellwänden größere Bedeutung beimisst als dem absoluten Gehalt an Lignin. ETTLE und SCHWARZ (2000) sowie KURTZ (2006) haben herausgefunden, dass der ADF-Gehalt einen größeren Einfluss in Bezug auf die Abbaubarkeit der Trockenmasse hat. Bei KURTZ (2006) zeigte sich, dass die effektive Abbaubarkeit zu den verschiedenen Ernteterminen unterschiedlich stark von den Gerüstsubstanzfraktionen geprägt war. So war der TM-Abbau zum ersten Erntetermin wesentlich stärker durch den ADF-Gehalt beeinflusst, während der NDF-Gehalt zum zweiten Termin eine größere Rolle in Bezug auf die ruminale Abbaubarkeit spielte. ZELLER (2009) konnte ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Ligningehalt und dem Trockenmasseabbau feststellen. Außerdem zeigte sich, dass eine Steigerung des NDF-Gehaltes unterschiedlich starke Auswirkungen auf die Verminderung der Abbaubarkeit der Trockenmasse hat. Untersuchungen mit  $bm_3$ -Hybriden (KURTZ 2006) haben ergeben, dass es auch beim Ligningehalt weniger auf die Menge sondern mehr auf die Qualität, d.h. auf die Vernetzung des Lignins mit anderen Strukturkohlehydraten ankommt.  $Bm_3$ -Hybride weisen einen geringeren Anteil an der nicht-abbaubaren Fraktion auf. Nach KURTZ (2006) ist das Verhältnis zwischen der Fraktion a, b und der nicht abbaubaren Fraktion, sowie dem absoluten Anteil der Fraktion b für den Abbau der Trockenmasse entscheidend.

Betrachtet man nun die vorliegenden Ergebnisse nach diesen Gesichtspunkten so kann die, wenn auch nur geringe Überlegenheit der Reifegruppe 3 durch einen geringeren Gehalt an pflanzlichen Gerüstsubstanzen und hier vor allem an NDF erklärt werden. Besonders die Fraktion b ist hier stärker vertreten als in anderen Reifegruppen. Das schlechte Abschneiden der Sorte PR39T45 ist auf den höchsten Ligningehalt aller Sorten der Reifegruppe 2 zu beiden Terminen sowie auf den absolut höchsten NDF-Gehalt aller Sorten zum zweiten Reifezeitpunkt zurückzuführen. Auch die potentielle Abbaubarkeit ist eher gering. Besonders die Werte für die Fraktion a sind mit 18,8 % (RZP 1) und 16,2 % (RZP 2) im unteren Bereich angesiedelt.

#### **4.1.5 *IN SITU* TM-VERLUSTE DER RESTPFLANZE**

Das getrocknete und vermahlene Restpflanzenmaterial wurde in Nylon-bags inkubiert. Die Ergebnisse zum TM-Verlust an den beiden Reifezeitpunkten sind in Tabelle 4.1-4 aufgelistet. In Abbildung 4.1-1 sind die Abbaukurven der einzelnen Sorten nach Reifegruppen zusammengefasst zu sehen. Die Inkubationsdauer war in zehn Intervalle unterteilt wobei die kürzeste Zeitspanne 0 und die längste 120 Stunden betrug.

Es lässt sich beobachten, dass es mit zunehmender Inkubationszeit zu einem Anstieg der TM-Verluste kommt. Die Auswaschungsverluste bei einer Inkubationszeit von 0 h lagen zum Reifezeitpunkt 1 im Sortenmittel bei 20,3 % und zum Reifezeitpunkt 2 bei 17,5 %. Bei einer Inkubationsdauer von 120 h sind die TM-Verluste auf 65,9 bzw. 61,7 % sukzessive angestiegen.

Vergleicht man die einzelnen Reifegruppen untereinander lässt sich erkennen, dass die Reifegruppe 1 mit 18,7 bzw. 15,8 % die niedrigsten Auswaschungsverluste zu beiden Reifezeitpunkten aufweist. Dagegen sind sie in der Reifegruppe 2 mit 21,7 bzw. 19,4 % (RZP 1 bzw. RZP 2) am höchsten. Reifegruppe 3 liegt dazwischen. Der relative Unterschied in den Auswaschungsverlusten zwischen dem früher und später geernteten Restpflanzenmaterial liegt im Sortenmittel bei 18,3 %. Nach einer Inkubationszeit von 3 h sind keine Veränderungen bezüglich des TM-Verlustes zu verzeichnen. Dies scheint aufgrund der langen lag-Phase von durchschnittlich 3,5 Stunden (siehe Tabelle 4.1-3) nicht verwunderlich. Nach AKBAR et al. (2002) spiegeln diese langen lag-Phasen den relativ hohen Gehalt an Lignin und Cellulose im Stängel der Maisrestpflanze wieder. Auch nach 6 h zeigte sich, gemessen an den TM-Verlusten nach 3 h, ein geringer Anstieg der TM-Verluste zwischen 1,6 (RG 3) und 2,3 % (RG2). Zum späteren Reifezeitpunkt ist der Anstieg mit 3,1 (RG 3) und 4,8 % (RG 1) deutlicher feststellbar. Nach 10 Stunden lässt sich ein eher mäßiger TM-Verlust beobachten. Im Durchschnitt liegt er zum ersten Reifezeitpunkt bei 28,0 bzw. 33,0 %. Dies entspricht einer Zunahme von etwa 5 %, gemessen an den Werten nach einer

Inkubationszeit von 6 Stunden. Zum zweiten Reifezeitpunkt beträgt der Anstieg nur etwa 4 % und somit ist ein TM-Verlust im Mittel von 25,3 bzw. 28,2 % zu verzeichnen. Für die Inkubationszeit von 14 Stunden lässt sich ein ähnlicher Zuwachs beobachten. Den größten Anstieg der TM-Verluste von 9 bis 10 %, im Vergleich zum vorherigen Intervall, lässt sich bei einer Inkubationsdauer von 24 und 42 Stunden beobachten. Den höchsten TM-Verlust bei einer Inkubationsdauer von 24 Stunden verzeichnet die Reifegruppe 2 zum früheren Reifezeitpunkt mit 42,8 %, den niedrigsten die Reifegruppe 3 mit 41,8 %. Für den späteren Reifezeitpunkt zeigen sich die höchsten TM-Verluste für die Reifegruppe 3 mit 38,3 % und die geringsten für die Reifegruppe 1 mit 38,0 %. Bei einer Inkubationszeit von 24 h verringerte sich der Mittelwert über alle Sorten zwischen den beiden Ernteterminen von 42,3 auf 38,2 %. Dies entspricht einem relativen Rückgang der TM-Verluste von 9,7 % mit zunehmender Reife des inkubierten Materials. Nach 65 Stunden betragen die TM-Verluste für die Reifegruppen 1 bis 3 57,5, 58,3 und 57,6 % zum ersten Erntetermin und 54,4, 53,9 und 54,5 % zum zweiten Erntetermin. Dies entspricht einem Zuwachs der TM-Verluste von 4,3 bis 7,3 % gemessen an den TM-Verlusten nach einer Inkubationsdauer von 42 Stunden. Besonders zum späteren Erntetermin liegt der Zuwachs an Verlusten in der TM höher, als zum früheren Zeitpunkt. Der Zuwachs in den TM-Verlusten nimmt nun stetig ab und liegt zum Inkubationsintervall von 92 Stunden bei im Mittel 4,7 bzw. 4 % (RZP 1 bzw. RZP 2) gemessen an den TM-Verlusten von 65 Stunden. Nach 120 Stunden kommt es nochmals zu einem Anstieg der TM-Verluste, auch wenn dieser mit 3,6 bzw. 3,2 % (RZP 1 bzw. RZP 2) im Durchschnitt für die beiden Reifezeitpunkte nur mehr relativ gering ist. Die Reifegruppe 3 weist nach 120 Stunden zu beiden Erntezeitpunkten die höchsten Trockenmasseverluste auf. Zum Reifezeitpunkt 1 beträgt der TM-Verlust der Reifegruppe 3 66,6 % wohingegen die Reifegruppen 1 und 2 TM-Verluste von 65,3 und 65,7 % aufweisen. Zum zweiten Erntetermin liegt der Wert bei 62,4 % (RG 3) bzw. bei 61,1 und 61,6 % (RG 1 und 2). Ähnliches konnte auch bei einer Inkubationszeit von 92 Stunden festgestellt werden. Damit zeigt die Reifegruppe 3 höhere TM-Verluste zu den langen Inkubationszeiten. Ansonsten zeigten sich keine gerichteten Unterschiede zwischen den Reifegruppen hinsichtlich des TM-Abbaus. Der Vorteil in den TM-Verlusten des früher geernteten Restpflanzenmaterials beträgt bei einer Inkubationsdauer von 120 Stunden im Mittel 6,4 %. Zu allen zehn Inkubationsstufen lagen die mittleren TM-Verluste des Restpflanzenmaterials, welches zum zweiten Reifezeitpunkt geerntet wurde, unter denen des physiologisch jüngeren Materials. Mit zunehmender Reife kommt es zu einem Rückgang der TM-Verluste aus den Nylon-bags. Betrachtet man die relativen Unterschiede zwischen dem physiologisch jüngeren und älteren Material über den Inkubationsverlauf zeigt sich, dass diese mit zunehmender Inkubationsdauer geringer wurden. Die Differenz zugunsten des früher geernteten Materials lag in Bezug auf die Auswaschungsverluste bei 18,3 % und ging bei einer Inkubationsdauer



von 24 Stunden auf 9,7 % zurück. Zum Ende, also bei einer Inkubationszeit von 120 Stunden konnte nur mehr ein relativer Unterschied von 6,4 % festgestellt werden. Damit zeigt sich, dass sich die Nachteile des physiologisch älteren Restpflanzenmaterials bezüglich der TM-Verluste im Pansen bei längerer Inkubationsdauer zunehmend relativieren.

Entscheidend für den TM-Abbau im Pansen der Maisrestpflanze ist ihr Gehalt an pflanzlichen Gerüstsubstanzen und deren Abbaubarkeit. Mit zunehmendem Reifegrad steigt der Gehalt an Zellwandbestandteilen in der Restpflanze an (SCHWARZ und ETTLE 2000). Der steigende Anteil an pflanzlichen Gerüstsubstanzen, sowie die immer komplexer werdenden Zellwandstrukturen erschweren der Pansenflora den Abbau faserreicher Futtermittel. Dies erklärt die geringen TM-Verluste bzw. den flachen Anstieg der Abbaukurven zu Beginn der Inkubation. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich in diversen Arbeiten wie beispielsweise von KURTZ (2006) und TOLERA et al. (1998). ZELLER (2009) konnte bei ihren Untersuchungen zum TM-Abbau früher und später geernteter Maisrestpflanzen ebenfalls einen Rückgang der reifespezifischen Unterschiede mit zunehmender Inkubationszeit feststellen. Für MAINKA (2009) sind die Dauer der Inkubation sowie der Erntezeitpunkt der Maispflanze ausschlaggebende Faktoren für den ruminalen Abbau der Restpflanze.

Tabelle 4.1-4: TM-Verluste (%) der Restpflanze zu zwei Reifezeitpunkten in Abhängigkeit der Inkubationsdauer

Sorte	RZP	Inkubationszeit (h)									
		0	3	6	10	14	24	42	65	92	120
Nuestro	1	20,4	21,8	23,4	26,5	33,1	42,1	51,2	56,4	61,0	65,2
	2	14,8	14,2	18,2	22,7	25,8	36,7	48,8	56,9	58,9	61,7
NK-Falkone	1	17,4	18,3	21,3	24,3	32,4	42,0	51,4	58,8	63,2	66,8
	2	17,1	16,2	21,2	25,6	27,6	38,4	45,3	54,5	58,6	62,5
Beatle	1	18,4	18,2	19,5	29,0	32,8	43,2	50,5	57,2	63,1	63,9
	2	15,5	18,0	23,3	26,9	29,2	38,7	47,1	51,9	56,8	60,6
<i>RG 1 Mittel</i>	1	18,7	19,4	21,4	26,6	32,8	42,4	51,0	57,5	62,4	65,3
	2	15,8	16,1	20,9	25,1	27,5	38,0	47,1	54,4	58,1	61,6
Roberto	1	27,4	25,9	29,6	34,3	35,8	47,1	54,8	62,9	66,5	68,1
	2	23,4	21,3	25,1	29,6	31,7	41,8	51,8	57,2	60,4	65,1
PR39T45	1	18,8	18,8	20,4	22,2	30,0	39,5	47,9	54,1	57,4	61,9
	2	16,2	15,7	19,1	23,1	25,1	35,0	42,5	51,8	55,3	58,6
Ronaldinio	1	18,9	17,8	19,3	26,3	31,8	41,7	53,5	57,8	61,3	67,1
	2	18,6	18,1	21,0	25,0	30,2	37,9	46,8	52,8	56,0	59,6
<i>RG 2 Mittel</i>	1	21,7	20,8	23,1	27,6	32,5	42,8	52,1	58,3	61,7	65,7
	2	19,4	18,4	21,7	25,9	29,0	38,2	47,0	53,9	57,3	61,1
DK315	1	22,5	23,1	25,0	31,2	36,2	42,2	53,5	57,8	62,9	67,0
	2	15,8	14,2	18,8	23,6	26,5	36,4	46,2	55,8	60,8	63,9
PR39F58	1	19,1	18,2	19,3	28,2	31,7	42,0	53,4	57,6	62,9	67,3
	2	20,0	19,4	21,7	26,1	29,5	40,5	49,6	54,6	59,0	61,3
Friedrixx	1	19,8	19,9	21,8	30,2	33,3	41,3	51,4	55,9	62,4	65,5
	2	16,5	17,5	20,0	24,8	28,1	38,0	49,2	55,1	60,5	62,0
<i>RG 3 Mittel</i>	1	20,5	20,4	22,0	29,9	33,7	41,8	52,8	57,1	62,7	66,6
	2	17,4	17,1	20,2	24,8	28,0	38,3	48,3	55,2	60,1	62,4
<i>RZP Mittel</i>	1	20,3	20,2	22,2	28,0	33,0	42,3	51,9	57,6	62,3	65,9
	2	17,5	17,2	20,9	25,3	28,2	38,2	47,5	54,5	58,5	61,7

## RUMINALE ABBAUKURVEN IM SORTENVERGLEICH

Zum *Reifezeitpunkt 1* zeigen die Sorten der Reifegruppe 1 relativ einheitliche TM-Abbaukurven. Der Kurvenanstieg aller drei Sorten ist im Vergleich zum Kolben (BREITFUSS 2010) flach. Die größte Abbaurrate und somit den steilsten Kurvenanstieg weist die Sorte Beatle mit  $3,43 \text{ \% h}^{-1}$  auf. Ab einer Inkubationszeit von etwa 65 Stunden liegt die Sorte NK-Falkone leicht über den anderen beiden. Sie zeigt auch die größte potentielle Abbaubarkeit von 67,6 %. Gleichzeitig weist diese Sorte auch den höchsten Wert an der Fraktion b in der Reifegruppe 1 auf. Größere Unterschiede lassen sich bei den Sorten der Reifegruppe 2 erkennen. Den steilsten Kurvenanstieg zeigt hier die Sorte Ronaldinio mit einer Abbaurrate von  $3,27 \text{ h}^{-1}$ . Die bei weitem höchste potentielle Abbaubarkeit zeigt die Sorte Roberto mit 69,9 % und einem sehr hohen Wert für die Fraktion a (27,4 %). Die Sorte PR39T45 liegt an letzter Stelle. Die Sorten der Reifegruppe 3 zeigen dagegen wieder ein homogeneres Bild. Zu Beginn weist die Sorte DK315 die höchsten Werte für den TM-Abbau auf. Nach einer Inkubationszeit von etwa 48 Stunden gleicht sich die Sorte PR39T45 an, welche auch die größte Abbaurrate von  $3,15 \text{ \% h}^{-1}$  aufweist. Die geringste potentielle Abbaubarkeit kann bei der Sorte Friedrixx mit 65,8 % festgestellt werden.

Betrachtet man nun die Veränderungen der Sorten zum Reifezeitpunkt 2 so fällt auf, dass die Abbaukurven alle etwas flacher verlaufen. Die Abbaurrate ist bei allen Sorten, außer bei Nuestro, gesunken. Die Steigerung der Abbaurrate bei Nuestro betrug  $0,22 \text{ \% h}^{-1}$ . Des Weiteren konnte bei dieser Sorte ein Anstieg der Fraktion b um 3,2 % beobachtet werden. Die höchste potentielle Abbaubarkeit weist, wie zum ersten Reifezeitpunkt die Sorte NK-Falkone auf. In der Reifegruppe 2 zeigt die Sorte Roberto die größte potentielle Abbaubarkeit und den höchsten Anteil an der Fraktion a. Den steilsten Kurvenanstieg hat die Sorte Ronaldinio ( $2,97 \text{ \% h}^{-1}$ ), die sich aber im letzten Drittel der Abbaukurve an die Sorte PR39T45 angleicht. Ronaldinio zeigt auch den niedrigsten Wert für die Fraktion b (41,3 %). Für die Reifegruppe 3 konnten keine größeren Veränderungen festgestellt werden. Lediglich die Sorte PR39T58 liegt ab einer Inkubationszeit von 48 Stunden etwas unter den Kurven von DK315 und Friedrixx. Davor kam es zu einem eher steilen Kurvenanstieg mit der höchsten Abbaurrate von  $3,06 \text{ \% h}^{-1}$ . Die höchste potentielle Abbaubarkeit war für DK315 zu erkennen, für welche auch ein starker Anstieg von 6,1 % für die Fraktion b festgestellt werden konnte. Somit weist DK315 mit 50,9 % den höchsten Wert aller geprüften Sorten für die Fraktion b zum Reifezeitpunkt zwei auf.

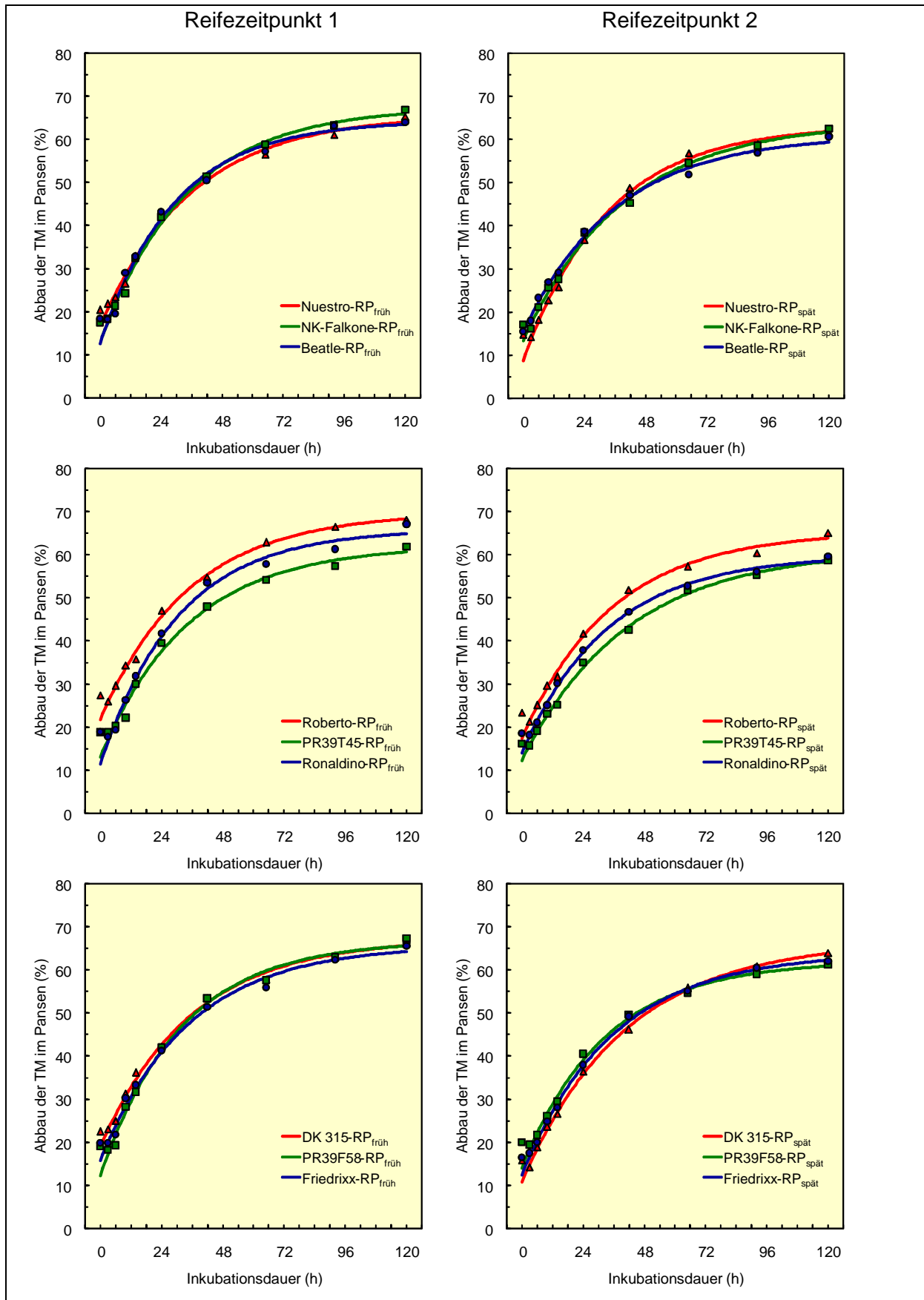


Abbildung 4.1-1: Abbaukurven *in situ* der neun Mais-Restpflanzen zu den beiden Reifezeitpunkten

## 4.2 BESTIMMUNG DER VERDAULICHKEIT IN VIVO MIT HAMMELN

### 4.2.1 TM-GEHALT UND NÄHRSTOFFZUSAMMENSETZUNG DER MAISSILAGEN

Zur näheren Charakterisierung der Maissilagen wurden der Kolbenanteil und dessen TM-Gehalt sowie der TM-Gehalt der Restpflanze und der Gesamtpflanze zum Zeitpunkt der Ernte bestimmt (Tabelle 4.2-1). Die einzelnen Sorten wurden am 13.09.2007, also zum selben Zeitpunkt geerntet. Aufgrund der unterschiedlichen FAO-Reifezahlen der Sorten, befanden sich diese zum Erntetermin in unterschiedlichen Vegetationsstadien. Dies spiegelt sich im Kolbenanteil wieder. So besitzt beispielsweise die Sorte Nuestro einen Kolbenanteil von 57,8 % mit einem Trockenmassegehalt von 53,8 %. Dagegen beträgt der Anteil des Kolbens bei Friedrixx 49,8 % mit einem TM-Gehalt von 49,4 %. Im Mittel aller Sorten liegt der Kolbenanteil bei 53,6 % mit einem TM-Gehalt von 51,7 %. Bezüglich des TM-Gehalts der Restpflanze lassen sich kaum sortenspezifische Unterschiede erkennen.

Tabelle 4.2-1: Kolbenanteil der untersuchten Maispflanzen sowie TM-Gehalt von Kolben, Restpflanze und Ganzpflanze zum Zeitpunkt der Ernte

Sorte	Kolbenanteil (%)	TM-Gehalt des Kolbens (%)	TM-Gehalt der Restpflanze (%)	TM-Gehalt der Ganzpflanze (%)
Nuestro	57,8	53,8	20,6	31,7
NK-Falkone	57,1	55,7	20,0	31,5
Beatle	50,0	48,0	20,2	28,8
<i>RG 1 Mittel</i>	<i>55,0</i>	<i>52,5</i>	<i>20,3</i>	<i>31,0</i>
Roberto	54,0	51,1	19,2	28,9
PR39T45	56,0	56,4	20,5	31,8
Ronaldinio	51,7	53,3	20,8	30,4
<i>RG 2 Mittel</i>	<i>53,9</i>	<i>53,6</i>	<i>20,2</i>	<i>30,4</i>
DK315	50,1	45,6	18,9	27,1
PR39F58	55,8	51,7	19,1	29,4
Friedrixx	49,8	49,4	19,7	28,1
<i>RG 3 Mittel</i>	<i>51,9</i>	<i>48,9</i>	<i>19,2</i>	<i>28,2</i>
<i>Sortenmittel</i>	<i>53,6</i>	<i>51,7</i>	<i>19,9</i>	<i>29,9</i>

Der TM-Gehalt der Ganzpflanze kann im Durchschnitt mit knapp 30 % beziffert werden und liegt für die frühreifen Sorten aufgrund des Kolbenanteils und dessen TM etwas höher. Für die Sorte DK315 konnte aufgrund des niedrigen TM-Gehaltes von Kolben und Restpflanze ein geringer TM-Gehalt für die Ganzpflanze von 27,1 % festgestellt werden.

Ziel dieses Versuches war es, die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe und der organischen Substanz der neun Silomaisorten zu ermitteln. Diese Daten dienen der Ermittlung des Energiegehaltes von neun Maissilagen, welche im Fütterungsversuch mit Milchkühen von BREITFUSS (2010) verwendet wurden. Die Energiebewertung selbst erfolgte ebenfalls in der Arbeit von BREITFUSS (2010) und ist nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Im Verdauungsversuch wurden die Maissilagen aus dem Fütterungsversuch mit Milchkühen (BREITFUSS 2010) an Hammel verfüttert. Nach den Vorschriften der GfE (1991) (siehe Kapitel 3.4) wurde für jede Silage eine Sammelprobe gezogen. Diese wurden chemisch analysiert um den Gehalt an Rohnährstoffen und Gerüstsubstanzen feststellen zu können (Tabelle 4.2-2).

Die Maissilagen variierten in den Rohaschegehalten zwischen 3,6 und 4,6 % nur gering. Auch der Rohproteingehalt war mit 7 bis 7,6 % keinen großen Schwankungen unterworfen. Der mittlere Rohfettgehalt lag bei 3,4 %. Der Anteil an NFC lag im Durchschnitt bei 40,2 %. Hier sticht die Sorte PR39F58 mit einem Wert von 43,3 % hervor. In Bezug auf die NfE konnte ein Unterschied von 5 % zwischen der Sorte mit dem niedrigsten (Beatle 62,6 %), und der Sorte mit dem höchsten Gehalt (PR39F58 65,7 %) festgestellt werden. Im Sortenmittel lag der Anteil der Rohfaser bei 22 %. Auch hier viel die Sorte PR39F58 mit einem niedrigen Wert von 20,5 % auf.

Tabelle 4.2-2: Gehalte an Rohnährstoffen und Gerüstsubstanzen der Sammelproben von neuen verschiedenen Maissilagen aus dem Verdauungsversuch *in vivo*

Sorte	Rohnährstoffe (g/kgTM)							Zellwandbestandteile (g/kg TM)		
	OM	XA	XP	XL	XF	NfE	NFC	NDF	ADF	ADL
Nuestro	961	39	75	35	221	629	397	454	248	27
NK-Falkone	962	38	71	34	220	637	401	456	250	30
Beatle	961	39	73	34	228	626	404	450	257	28
<i>RG 1 Mittel</i>	<i>961</i>	<i>39</i>	<i>73</i>	<i>35</i>	<i>223</i>	<i>631</i>	<i>401</i>	<i>453</i>	<i>251</i>	<i>28</i>
Roberto	959	41	72	32	224	632	397	459	255	26
PR39T45	961	39	70	35	218	637	411	445	240	27
Ronaldinio	963	37	72	35	225	631	387	470	249	25
<i>RG 2 Mittel</i>	<i>961</i>	<i>39</i>	<i>71</i>	<i>34</i>	<i>222</i>	<i>633</i>	<i>398</i>	<i>458</i>	<i>248</i>	<i>26</i>
DK315	961	39	73	32	222	635	398	459	241	25
PR39F58	964	36	70	33	205	657	433	428	229	23
Friedrixx	961	39	76	31	220	633	389	465	244	26
<i>RG 3 Mittel</i>	<i>962</i>	<i>38</i>	<i>73</i>	<i>32</i>	<i>215</i>	<i>642</i>	<i>407</i>	<i>451</i>	<i>238</i>	<i>25</i>
<i>Sortenmittel</i>	<i>961</i>	<i>38</i>	<i>72</i>	<i>34</i>	<i>220</i>	<i>635</i>	<i>402</i>	<i>454</i>	<i>246</i>	<i>26</i>

Der NDF- und ADF-Gehalt lag im Sortenmittel bei 45,4 und 24,6 %. Ausnahme war wiederum die Sorte PR39F58, die NDF- und ADF-Gehalte aufwies, welche um 6 bis 7 % niedriger waren als bei anderen Sorten. Der Ligninanteil kann mit durchschnittlich 2,6 % beziffert werden.

#### 4.2.2 ERGEBNISSE ZUR SCHEINBAREN VERDAULICHKEIT

Die Berechnung der Verdauungskoeffizienten erfolgte nach den Vorschriften der GfE (1991). Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.2-3 dargestellt.

Tabelle 4.2-3: Verdauungsquotient der organischen Substanz, der einzelnen Rohnährstoffe sowie der Zellwandbestandteile der untersuchten neun Maissilagen

Sorte	VQ- Rohnährstoffe (%)					VQ- Zellwandbestandteile (%)	
	OM	XP	XL	XF	NfE	NDF	ADF
Nuestro	74,3	53,8	78,3	60,8	84,5	59,8	58,0
NK-Falkone	74,7	53,4	83,2	58,2	82,1	56,7	59,7
Beatle	74,7	57,3	82,1	63,5	81,1	63,3	62,4
<i>RG 1 Mittel</i>	<i>74,6</i>	<i>54,8</i>	<i>81,2</i>	<i>60,8</i>	<i>82,6</i>	<i>59,9</i>	<i>60,0</i>
Roberto	75,4	50,4	79,9	62,1	82,5	64,7	61,5
PR39T45	71,8	47,0	77,1	57,6	79,5	57,8	54,2
Ronaldinio	75,7	55,8	77,8	61,2	82,5	64,0	62,8
<i>RG 2 Mittel</i>	<i>74,3</i>	<i>51,1</i>	<i>78,3</i>	<i>60,3</i>	<i>81,5</i>	<i>62,2</i>	<i>59,5</i>
DK315	73,2	55,2	78,3	60,6	80,1	61,7	59,0
PR39F58	75,1	52,6	79,4	61,1	82,0	63,7	60,7
Friedrixx	72,2	57,6	76,3	69,9	75,4	65,2	66,2
<i>RG 3 Mittel</i>	<i>73,5</i>	<i>55,1</i>	<i>78,0</i>	<i>63,9</i>	<i>79,2</i>	<i>63,5</i>	<i>62,0</i>
<i>Sortenmittel</i>	<i>74,1</i>	<i>53,7</i>	<i>79,2</i>	<i>61,7</i>	<i>81,1</i>	<i>61,9</i>	<i>60,5</i>

Vergleicht man die VQ für die Organische Substanz zeigen die Sorten der Reifegruppe 1 den höchsten Wert mit 74,6 % und die Reifegruppe 3 mit 73,5 % den niedrigsten. Die frühreifen Sorten sind zum Erntezeitpunkt in ihrer Entwicklung etwas weiter fortgeschritten. Die dOM der Maissilage steigt mit zunehmender Reife bis zu einem gewissen Grad an (THOMET et al. 1986, HERTER et al. 1996a). Dieser Zusammenhang könnte die höheren Verdaulichkeiten erklären. BARRIÈRE et al. (1992) konnte generell bei spätreifen Sorten eine Verschlechterung in der Verdaulichkeit feststellen. Die Sorte mit der höchsten Verdaulichkeit der OS ist Ronaldinio mit einem VQ von 75,7 %. Dagegen liegt PR39T45, die Sorte mit der geringsten Verdaulichkeit, bei 71,8 %. Die Verdaulichkeit von Rohfett beträgt im Sortenmittel bei 79,2 % und die des Rohproteins 53,7 %. HERTER et al. (1996a) konnten keine Korrelation zwischen dem Rohproteingehalt und der dOM feststellen. Der VQ der NfE liegt zwischen 82,6 (RG 1) und 79,2 % (RG 3). Hier spielt der höhere Kolbenanteil der frühreifen Sorten eine entscheidende Rolle für die bessere Verdaulichkeit. Die Rohfaser der



spätreifen Sorten ist etwas besser verdaulich. Besonders Friedrixx weist mit 69,9 % einen im Vergleich hohen VQ auf. Im Durchschnitt liegt die Verdaulichkeit von NDF und ADF bei 61,9 bzw. 60,5 %. Besonders die frühreifen Sorten Nuestro und NK-Falkone liegen darunter. PR39F45 zeigt mit 57,8 (NDF) und 54,2 % (ADF) die niedrigsten Werte. Bei allen drei Sorten konnten keine erhöhten Gehalte an Gerüstsubstanzen festgestellt werden. Hier zeigt sich, dass nicht automatisch vom Anteil der Zellwandbestandteile, auf deren Verdaulichkeit geschlossen werden kann. Aufbau und Vernetzung von Strukturkohlehydraten scheinen, in Bezug auf deren Abbaubarkeit, eine entscheidende Rolle zu spielen (CONE und ENGELS 1993, HERTER et al. 1996a).

In Abbildung 4.2-1 ist die Verdaulichkeit der organischen Substanz der einzelnen Sorten graphisch dargestellt. Es lassen sich kaum größere Unterschiede feststellen. Die Verdaulichkeit für die meisten Sorten liegt bei etwa 74 bis 75 %. Außer bei den Sorten PR39T45, DK315 und Friedrixx ist der Verdauungsquotient mit 71,8, 73,2 und 72,2 % etwas niedriger anzusetzen. Dies wirkt sich wiederum negativ auf den Energiegehalt der betreffenden Maissilagen aus. Um den Unterschied von 1 % in der Verdaulichkeit besser einordnen zu können sei hier ein Beispiel aus einer Untersuchung von HERTER et al. (1996a) angeführt. Eine Erhöhung der Verdaulichkeit der OS um 1 % entspricht einer Zunahme der VOS von 10 g/kg TM. Der Studie zufolge hat diese Steigerung in der Verdaulichkeit betriebswirtschaftlich gesehen dieselbe Wirkung wie eine Ertragssteigerung von 800 kg TM je Hektar.

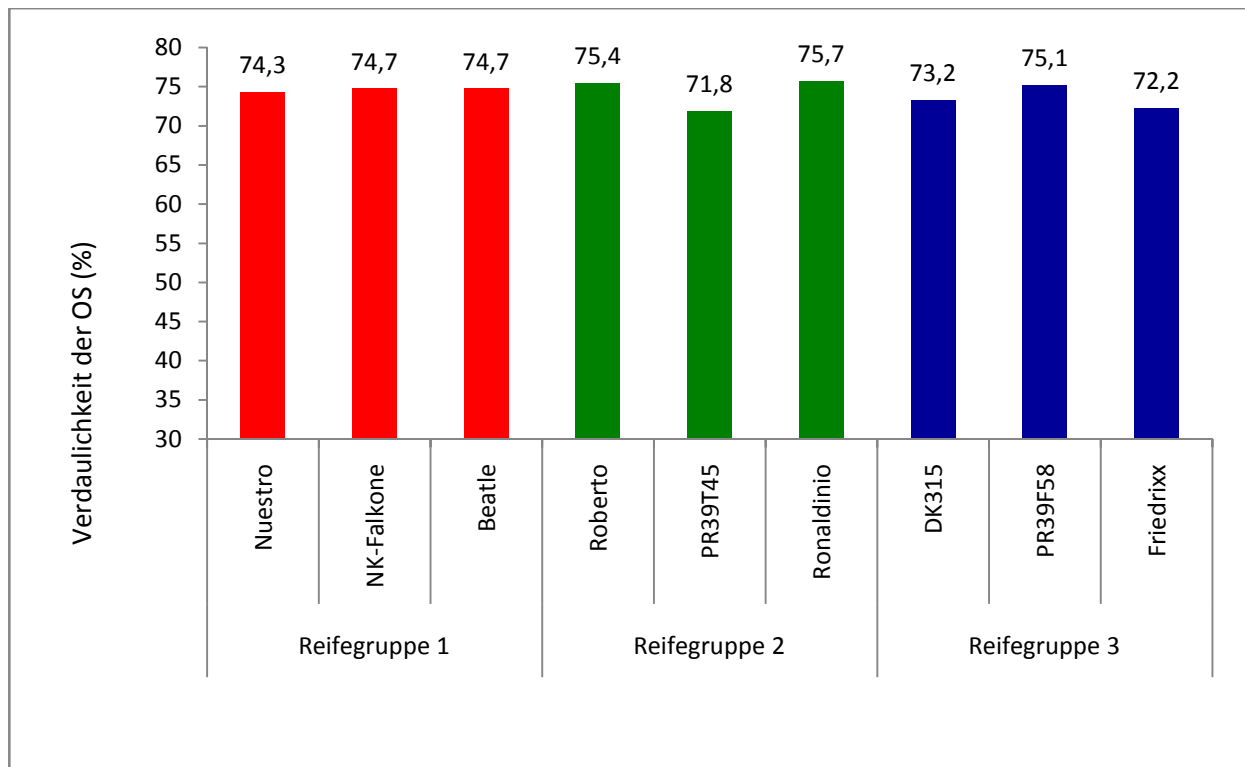


Abbildung 4.2-1: Verdaulichkeit der organischen Substanz der Ganzpflanzensilage der untersuchten Silomaisorten

Der Futterwert von Maissilage wird hauptsächlich vom Kolbenanteil und der Kolbenreife bestimmt (HEIMBECK et al. 1988). Mit zunehmender Reife erhöht sich die Verdaulichkeit des Kolbens im Gegensatz zur Restpflanze. Deshalb beeinflussen alle Maßnahmen die den Kolbenanteil erhöhen die Verdaulichkeit der Gesamtpflanze schneller (SCHWARZ und ETTLE 2000). Dies ist durch den hohen Gehalt der Körner an Stärke und NfE zu erklären. Die Stärke in den Körnern ist von Wiederkäuern nahezu vollständig verdaulich (SCHWARZ et al. 1997, ZSCHEISCHLER et al. 1974). Ein guter Silomais kann aber trotzdem nicht ausschließlich über die Verdaulichkeit des Kolbens definiert werden. HERTER et al. (1996a) stellten fest, dass der Körneranteil bzw. dessen Verdaulichkeit eine stabile Größe in Hinblick auf die Ganzpflanzenverdaulichkeit darstellt. Die Verdaulichkeit der Restpflanze schwankte hingegen enorm. Nach Untersuchungen von THOMET et al. (1986) kommt es zu einer Abnahme der Photosyntheseleistung der Maispflanze ab der Blüte. Durch die Translokation der Nährstoffe sinkt die Qualität der Restpflanze ab. Ziel ist es die VOS der gesamten Maispflanze zu erhöhen. Dies ist laut THOMET et al. (1986) nur über eine Verbesserung der Restpflanzenqualität möglich, da trotz steigendem Körneranteil der Qualitätsverlust der Restpflanze negative Auswirkungen auf die Gesamtverdaulichkeit hat. Es konnte bewiesen werden, dass neben Umwelteinflüssen und Konservierungsverfahren die Sorte einen maßgeblichen Einfluss auf die Verdaulichkeit ausübt (BARRIÈRE et al. 1992, MEISSER und WYSS 1998, WERMKE 1985). Zu diesem Ergebnis kamen auch ETTLE et al. (2002). Sie

konnten Unterschiede in der Verdaulichkeit der OS von 5,1 % zwischen einzelnen Sorten feststellen. Die Sorte mit der höchsten Verdaulichkeit lag bei 81,9 %. Dieser Wert übersteigt die Ergebnisse aus dem vorliegenden Versuch bei weitem. Ein weiteres wichtiges Kriterium in Zusammenhang mit der Wahl der Sorte ist der Zeitpunkt der Ernte. Im Mittel erhöht sich die VOS im mittleren und späten Erntebereich im Vergleich zu frühen Ernteterminen (PEX et al. 1996, SCHWARZ und ETTLE 2000). Gleichzeitig sinkt jedoch die Verdaulichkeit der Rohfaser. ZSCHEISCHLER et al. (1974) hingegen stellte eine Verminderung des Verdauungsquotienten der organischen Substanz und der Rohfaser mit zunehmenden TM-Gehalt der Gesamtpflanze fest. Nach WERMKE (1985) wirken sich genetisch bedingte Sortenunterschiede vor allem auf den Gehalt an Gerüstsubstanzen und deren Verdaulichkeit aus. Zu diesem Schluss kommen auch SCHWARZ et al. (1996a) die erhebliche Unterschiede in der Verdaulichkeit der Rohfaser einzelner Sorten feststellen konnten. Der Faseranteil konnte nicht mit der Reifezahl der Sorten in Verbindung gebracht werden. Die Rohfaserverdaulichkeit der Maissilagen bei Schafen lag zwischen 50,5 und 58,0 %. Im Vergleich mit den Daten des vorliegenden Versuches sind diese Werte als niedrig einzustufen. Bei Untersuchungen von ETTLE und SCHWARZ (2003) wurden zwei Sorten vom Typ „stay green“ und „dry down“ geprüft. Interessant ist, dass der Fasergehalt zu allen Ernteterminen für die „stay green“-Sorte höher war. In der Verdaulichkeit der organischen Substanz und der NfE zeigte die „dry down“-Sorte die höheren Werte, obwohl die Unterschiede als eher geringfügig einzuschätzen sind. Der VQ für die organische Substanz lag zwischen 76,8 und 79,6 %. Das Reifestadium hatte keinen Einfluss auf die Verdaulichkeit. Im Zusammenhang mit dem Reifestadium kann die Aufbereitung der Silage von Bedeutung sein. So verursacht eine zu kurze Häcksellänge bei Silagen mit geringem TM-Gehalt Depressionen in der Verdaulichkeit, besonders bei Schafen, welche Faser schlechter aufschließen als Rinder. Mit steigendem TM-Gehalt im Kolben ist eine Nachzerkleinerung des Kornes in der Rinderfütterung wichtig, um eine möglichst hohe Verdaulichkeit von Stärke und NfE zu gewährleisten (HEIMBECK et al. 1988, SCHWARZ et al. 1997). Auch rationsbedingte Einflüsse können sich auf die Verdaulichkeit von Maissilage unterschiedlich auswirken. SCHWARZ et al. (1996b) konnten durch Zulage verschiedener stärkehaltiger Futtermittel in der Ration, Unterschiede bezüglich der Verdaulichkeit der Maissilage feststellen.

## 5 SCHLUSSFOLGERUNG

Eine Zunahme des TM-Gehaltes im Kolben von 45 auf 55 % hat keinen Einfluss auf die TM-Entwicklung der Maisrestpflanze. Diese liegt konstant bei etwa 20 %. Der Anteil der Restpflanze an der gesamten Maispflanze geht im Reifeverlauf zurück. Der Gehalt an Zellwandbestandteilen in der Restpflanze nimmt mit fortschreitendem Vegetationsstadium zu, der Gehalt an Nichtfaser-Kohlehydraten sinkt.

Die potentielle Abbaubarkeit der TM von Maisrestpflanzen-Silage im Pansen liegt durchschnittlich bei 65 %. Bei einer angenommenen Passagerate von 5 % h<sup>-1</sup> kann eine effektive Abbaubarkeit von etwa 35 % angenommen werden. Ein verzögerter Erntetermin wirkt sich negativ auf den ruminalen TM-Abbau der Restpflanzensilage aus. Grund dafür ist die Zunahme der pflanzlichen Gerüstsubstanzen in der Restpflanze sowie deren verminderte Abbaubarkeit im Pansen mit zunehmendem Alter der Pflanze.

Maissilage besteht aus dem energie- und stärkereichen Kolbenanteil sowie aus Stängeln und Blättern. Der optimale Erntezeitpunkt kann nur durch Berücksichtigung aller Komponenten ermittelt werden. Mit zunehmender Reife steigt die ruminale Abbaubarkeit des Kolbens (BREITFUSS 2010), die der Restpflanze sinkt. Durch den steigenden Kolbenanteil mit zunehmender Reife kann die Verminderung der Restpflanzenqualität bis zu einem gewissen Grad ausgeglichen werden.

Sortenspezifische Unterschiede bezüglich des *in situ*-TM-Abbaus der Restpflanzensilage ergeben sich in geringem Maße und können nur bedingt auf den Anteil der pflanzlichen Gerüstsubstanzen in Blättern und Stängel zurückgeführt werden. Eine niedrigere potentielle Abbaubarkeit der frühreifen Sorten ist darauf zurückzuführen, dass sich diese Pflanzen zum Zeitpunkt der Ernte in einem weiter fortgeschrittenen Vegetationsstadium befanden als die spätreiferen Sorten.

Die Verdaulichkeit der Roh Nährstoffe und pflanzlichen Gerüstsubstanzen von Maisganzpflanzen-Silage wurde an Hammeln geprüft. Die Sorte übt nur einen unwesentlichen Einfluss auf die scheinbare Verdaulichkeit der Maissilage aus.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Die Basis dieser Arbeit bilden neun Silomaissorten, die in drei Reifegruppen eingeteilt werden können. Die Sorten wurden zu zwei Reifezeitpunkten (RZP 1 und RZP 2) geerntet. Mittels der in situ-Methode wurde der Einfluss der Sorte und des Reifezeitpunktes auf den TM-Abbau der Restpflanzensilagen im Pansen bestimmt. In einem weiteren Versuch wurde die Verdaulichkeit der Rohrnährstoffe der neun Ganzpflanzensilagen in vivo gemessen. Die potentielle Abbaubarkeit der Restpflanzensilagen lag zum RZP 1 im Mittel bei 66,2 % und ging auf 63,1 % bei RZP 2 zurück. Die Fraktion a verringerte sich von 20,3 % (RZP 1) auf 17,5 % (RZP 2). Dahingegen blieb die Fraktion b mit 45,9 bzw. 45,6 % (RZP 1 bzw. RZP 2) relativ konstant. Durch die Zunahme an Zellwandbestandteilen in der Restpflanze kam es zu einer Verminderung der Abbaurrate c von 3,01 % h<sup>-1</sup> (RZP 1) auf 2,76 % h<sup>-1</sup> (RZP 2). Die effektive Abbaubarkeit (ED) wurde für eine angenommene Passagerate von 2, 5 und 8 %/h berechnet. Sie betrug zum ersten Reifezeitpunkt 45,9 % (ED 2), 34,7 % (ED 5) und 29,7 % (ED 8). Zum zweiten Reifezeitpunkt wurde ein Rückgang der effektiven Abbaubarkeit auf 42,3 % (ED 2), 31,3 % (ED 5) bzw. 26,5 % (ED 8) festgestellt. Es wurden keine deutlichen sortenbedingte Unterschiede in der ruminalen Abbaubarkeit der TM festgestellt. Bei der Ermittlung der scheinbaren Verdaulichkeit der neun Ganzpflanzensilagen ergaben sich nur geringe Unterschiede zwischen den Sorten. Die Verdaulichkeit (VQ) der organischen Masse lag im Durchschnitt bei 74,1 %. Für die Rohrnährstoffe XP, XL, XF und NfE wurden VQ von 53,7 %, 79,2 %, 61,7 % bzw. 81,1 % ermittelt.

## 7 ABSTRACT

Nine maize hybrids of three maturity groups form the base of this thesis. Objective of the study was to determine the dry matter degradability of silage of the residue plants in the rumen using the in situ technique. Another objective was to evaluate the effect of two different harvest dates (RZP 1, RZP 2) on DM degradability. The digestibility of organic matter and crude nutrients of whole plant maize silage was investigated in vivo with wethers.

The potential degradability was higher for the first harvest date (66.2%) than for the second (63.1%). With increasing stage of maturity, fraction a decreased from 20.5 to 17.3% (RZP 1 and RZP 2, respectively). Fraction b remained on the same level at both harvest dates (45.9 and 45.6 %, respectively). Because of an increase of cell wall components in the residual plant during ripening, the rate of degradation decreased from 3.01 (RZP 1) to 2.76% h<sup>-1</sup> (RZP 2). At the first harvest date effective degradability was 45.9, 34.7 and 29.7% at estimated passage rates of 2, 5 and 8% h<sup>-1</sup>. At the second stage of maturity, effective degradabilities of 42.3, 31.3 and 26.5% could be observed, respectively.

The effect of maize hybrid on ruminal degradability was negligible. The apparent digestibility of whole crop maize silages was largely unaffected by the influence of variety. Digestibility of organic matter was 74.1% on average. Digestibilities of CP, EE, CF and NfE averaged 53.7, 79.2, 61.7 and 81.1%, respectively.



## 8 QUELLENVERZEICHNIS

AKBAR, M.A., P. LEBZIEN und G. FLACHOWSKY, 2002: Measurement of yield and in situ dry matter degradability of maize varieties harvested at two stages of maturity in sheep. Anim. Feed Sci. And Technol. 100, 53-70.

AMLER, R., 2005: Beitrag zur Produktsicherheit bei Silomais durch optimiertes Reifemanagement. Die Bodenkultur 56, 13-37.

AMLER, R., 2009: Der Einfluss der Reifedifferenz von Korn zur Restpflanze auf den optimalen Erntezeitpunkt und die standortgerechte Sortenwahl von Energie- und Silomais. Die Bedeutung des für Silo- und Energiemais optimierten Reifensystems (SEMORIS). Gesunde Pflanzen 61, 57-71.

AMLER, R., 2010: Energie zum richtigen ERNTE-Zeit-Punkt bei Optimierung von Qualität, Ertrag, Produktsicherheit und Umweltverträglichkeit im Siliermaisbau durch Dynamische ReifeAnalyse (DRA). Gesunde Pflanzen 62, 71-83.

ANONYM, 2010: Informationen der Internethomepage, <http://www.scribd.com/doc/18557940/Maispflanzen-Zea-Mays-Subsp-Mays-Systematik>, aufgerufen am 30.03.2010.

BARRIÈRE, Y. und O. ARGILIER, 1993: Brow-midrib genes of maize: a review. Agronomie 13, 865-876.

BARRIÈRE, Y., R. TRINEAU, J.C. EMILE und Y. HEBERT, 1992: Variation and covariation of silage maize digestibility estimated from digestion trials with sheep. Euphytica 59, 61-72.

BARRIÈRE, Y., C. GUILLET, D. GOFFNER und M. PICHON, 2003: Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forage crops. A review. Anim. Res. 52, 193-228.

BREITFUSS, S., 2010: Ruminaler Trockenmasseabbau von neun Silomaisarten und Einfluss auf Futteraufnahme und Milchleistung von Milchkühen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien, 101 S.

BURGSTALLER, G., 1978: Zur Maisverwertung durch Rind und Schwein. Kali-Briefe 14, 355-368.

CHERNEY, D.J.R., J.A. PATTERSON und R.P. LEMENAGER, 1990: Influence of in situ bag rinsing technique on determination of dry matter disappearance. J. Dairy Sci. 73, 391-397.



- CHESSON, A., 1986: The evaluation of dietary fibre. In: Feedingstuffs evaluation: modern aspects-problems-future trends. Proceedings of an international seminar. Livingstone, R.M. (Ed), Aberdeen, Feeds Publication, 18-25.
- CONE, J. und F.M. ENGELS, 1993: The influence of ageing on cell wall composition and degradability of three maize genotypes. Anim. Feed Sci. Technol. 40, 331-342.
- DACCORD, R., Y. ARRIGO und R. VOGEL, 1995: Nährwert von Maissilage, Agrarforschung 2, 397-400.
- DEUTSCHES MAISKOMITEE, 2011: Informationen der Internethomepage, <http://www.maiskomitee.de/web/intranetHomepages.aspx?hp=2c982382-99e5-8479-4d81-e98b5e51c999>, aufgerufen am 14.06.2011.
- DIE SAAT, 2010: Informationen der Internethomepage, <http://www.diesaat.at/?id=2500%2C1130063%2C%2C%2CeF9EV19IRUFERVJbMF09cHJldmllw%3D%3D>, aufgerufen am 30.08.2011.
- DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT, 1997: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. 7. erweiterte und neugestaltete Auflage, DLG-Verlag Frankfurt am Main.
- ELZEBROEK, A.T.G. und K. WIND, 2008: Guide to Cultivated Plants. CAB International, 320-328.
- EMANUELE, S.M. und C.R. STAPLES, 1988: Effect of forage particle size on *in situ* digestion kinetics. J. Dairy Sci. 71, 1947-1954.
- ETTLE, T., P. LEBZIEN, G. FLACHOWSKY und F.J. SCHWARZ, 2001: Effect of harvest date and variety on ruminal degradability of ensiled maize grains in dairy cows. Arch. Anim. Nutr. 55, 69-84.
- ETTLE, T., F.J. SCHWARZ, P. LEBZIEN und G. FLACHOWSKY, 2002: Futterwert von Silagen aus unterschiedlichen Maishybriden und ihr Einfluss auf Leistungskriterien von Milchkühen. Landbauforschung Völkenrode 52, 157-165.
- ETTLE, T. und F.J. SCHWARZ, 2003: Effect of maize variety harvested at different maturity stages on feeding value and performance of dairy cows. Anim. Res. 52, 337-349.
- FAGERIA, N.K., V.C. BALIGAR und R.B. CLARK, 2006: Physiology of Crop Production. Food Products Press, an imprint of The Haworth Press, Inc. New York, 345 S.
- FLACHOWSKY, G., W. PEYKEL, A. SCHNEIDER und K. HENKEL, 1993: Fibre analyses and *in sacco* degradability of plant fractions of two corn varieties harvested at various times. Anim. Feed Sci. Technol. 39, 173-181.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 65, 229-234.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag Frankfurt am Main.

GRÜNER BERICHT, 2008: Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, 49. Grüner Bericht gemäß § 9 des Landwirtschaftsgesetzes BGBl. Nr. 375/1992, 320 S.

GRÜNER BERICHT, 2010: Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, 51. Grüner Bericht gemäß § 9 des Landwirtschaftsgesetzes BGBl. Nr. 375/1992, 336 S.

GROSS, F., 1970: Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Futterwert von Maisgärfutter. Wirtschaftseig. Futter 16, 306-336.

GROSS, F., 1979: Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais. 1. Mitteilung: Bewertung von Silomais. Wirtschaftseig. Futter 25:2, 215-225.

GROSS, F. und G. AVERDUNK, 1974: Der Gehalt an Nährstoffen in Maissilage, ihre Verdaulichkeit und ihre Beziehung zum Trockensubstanzgehalt. Wirtschaftseig. Futter 20, 66-74.

GROSS, F. und W. PESCHKE, 1980a: 2. Mitteilung: Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Maisstroh (Maispflanze ohne Kolben). Wirtschaftseig. Futter 26:2, 104-117.

GROSS, F. und W. PESCHKE, 1980b: 3. Mitteilung: Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit der Maiskolben. Wirtschaftseig. Futter 26:2, 184-192.

GRUBER, L., H. KOPPAL, F. LETTNER und F. PARRER, 1983: Einfluß des Erntezeitpunktes auf den Nährstoffgehalt und den Ertrag von Silomais. Wirtschaftseig. Futter 29:2, 87-109.

GRÜNIG, K., 2006: Die Abreife heuer genau überwachen. Die Grüne 16, 16-19.

HARTMANN, A., T. PRESTERL und H.H. GEIGER, 2000: Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes von Silomaisorten mit langsamer *versus* schneller Restpflanzenabreife. Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Sonderheft 217, 86-93.

HEIMBECK, W.K., F.J. SCHWARZ und M. KIRCHGESSNER, 1988: Auswirkungen unterschiedlicher Häcksellänge und einem nachfolgenden Quetschen der Mais-

Gesamtpflanze auf die Nährstoffverdaulichkeit. 1. Mitteilung zum Einfluss unterschiedlicher Aufbereitung von Maissilage auf die Nährstoffverdaulichkeit bei Kalbinnen und Hammeln. Wirtschaftseig. Futter 34:1, 15-26.

HEIN, W. und L. GRUBER, 2003: Unterschiede österreichischer Silomais Sorten hinsichtlich Ertrag und Futterwert. Bericht über die 54. Tagung 2003 der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, BAL Gumpenstein, 25. – 27. November 2003, 77-84.

HEIN, W., L. GRUBER, G. URAY, J. HINTERHOLZER und G. PUCHWEIN, 1996: Restpflanze ist nicht gleich Restpflanze. Sortenbedingte Unterschiede der Restpflanze beeinflussen Ertrag und Qualität von Silomais. Mais 24, 108-111.

HEPTING, L., 1984: Grüner Mais bis zur Ernte-steigt dadurch der Ertrag?. Top agrar 3, 80-82.

HERTER, U., A. ARNOLD, F. SCHUBIGER und M. MENZI, 1996a: Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais. Agrarforschung 3, 535-538.

HERTER, U., A. ARNOLD, F. SCHUBIGER und M. MENZI, 1996b: Sorte, Ort, Jahr und Reife bestimmen die Silomaisqualität. Agrarforschung 3, 539-542.

HUNTINGTON, J.A. und D.I. GIVENS, 1995: The in situ technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. Nutrition Abstract and Reviews (Series B) 65, 63-93.

HUNTINGTON, J.A. und D.I. GIVENS, 1996a: 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.

HUNTINGTON, J.A. und D.I. GIVENS, 1996b: Studies on in situ degradation of feeds in the rumen: 2. The effect of bag numbers incubated and post-incubation processing of residues. Anim. Feed Sci Technol. 68, 115-129.

IRLBECK, N.A., J.R. RUSSEL, A.R. HALLAUER, D.R. BUXTON, 1993: Nutritive value and ensiling characteristics of maize stove ras influenced by hybrid maturitiy an generation, plant density and harvest day. Anim. Feed Sci. Technol. 41, 51-64.

JEROCH, H., G. FLACHOWSKY und F. WEISSENBACH, 1993: Futtermittelkunde. Gustav Fischer Verlag Jena, 544 S.

KASWARI, T. und P. LEBZIEN, 2001: Untersuchungen zum Einfluss der Trocknungstemperatur von Nylonbeuteln auf die Höhe der Auswaschverluste bei wiederholter Nutzung. VDLUFA Schriftenreihe, Teil 2, Kongressband, 449-450.

- KÖHLER, R., A. LEUOTH, H. JEROCH, G. FLACHOWSKY, G. GEBHARDT, H. HILSCHER und W. KAPPEL, 1989: Untersuchungen zum Gehalt und zur Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen in Restpflanzen verschiedener Maishybriden. Arch. Anim. Nutr. 39, 187-192.
- KÖHLER, R., H. JEROCH, G. FLACHOWSKY, G. GEBHARDT, H. HILSCHER und W. KAPPEL, 1990: Futtermittelkundliche Bewertung verschiedener Maisgenotypen. Arch. Anim. Nutr. 40, 267-274.
- KURTZ, H., F. FLASSHOFF, F.J. SCHWARZ, 2004: Effects of brown-midrib-3-mutation in silage corn on ruminal degradability, digestibility and performance of beef cattle. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 13, 82.
- KURTZ, H., 2006: Vergleichende Untersuchungen zum Einfluss der Pflanzengenetik und der physiologischen Reife von Körnern und Restpflanzen verschiedener Maishybriden auf die ruminale Abbaubarkeit. Diss., Technische Universität München, 264 S.
- KURTZ, H. und F.J. SCHWARZ, 2005: *In situ* dry matter degradability of maize hybrid residual plants depending on the stage of maturity. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 14, 130.
- LINDBERG, J.E., 1981a: The effect of sample size and sample structure on the degradation of dry matter, nitrogen and cell walls in nylon bags. Swedish J. Agric. Res. 11, 71-76.
- LINDBERG, J.E., 1981b: The effect of basal diet on the ruminal degradation of dry matter, nitrogenous compounds and cell walls in nylon bags. Swedish J. Agric. Res. 11, 159-169.
- LINDBERG, J.E. und P.-G. KNUTSSON, 1981: Effect of bag pore size on the loss of particulate matter and on the degradation of cell wall fibre. Agric. Environ. 6, 171-182.
- LINDBERG, J.E. und T. VARVIKKO, 1982: The effect of bag pore size on the ruminal degradation of dry matter, nitrogenous compounds and cell walls in nylon bags. Swedish J. Agric. Res. 12, 163-171.
- LOSAND, B., W. PREISSINGER, H. SPIEKERS, M. URDL und L. GRUBER, 2007: Bestimmung der Verdaulichkeit der Nährstoffe und des Energiegehaltes von Getreidetrockenschlempen aus Weizen und Weizen-Gerste-Gemischen. VDLUFA Schriftenreihe 63, 1-7.
- MAINKA, C., 2009: Möglichkeiten der züchterischen Verbesserung der Silomaisqualität. Strukturwert von Silomais. Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Sonderheft 331, 127-135.

- MARINUCCI, M.T., B.A. DEHORITY und S.C. LOERCH, 1992: In vitro and in vivo studies of factors affecting digestion of feeds in synthetic fiber bags. *J. Anim. Sci.* 70, 296-307.
- McDONALD, I., 1981: A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. agric. Sci.* 96, 251-252.
- MEHREZ, A.Z. und E.R. ØRSKOV, 1977: A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.* 88, 645-650.
- MEISSER, M. und U. WYSS, 1998: Wettereinfluss auf Wachstum und Reifung von Silomais. *Agrarforschung* 5, 317-320.
- MENZI, M., 2007: Sechs neue Körner- und Silomaisarten, [http://www.art.admin.ch/dms\\_files/00355\\_de.pdf](http://www.art.admin.ch/dms_files/00355_de.pdf), aufgerufen am 11.01.2011.
- MEYER, J.A.F. und R.I. MACKIE, 1986: Microbiological evaluation of the intraruminal in sacculus digestion technique. *Appl. Environ. Microbiol.* 51, 622-629.
- MGHENI, M., E.E. NDEMANISHO, T. HVELPLUND und M. R. WEISBJERG, 2001: Evaluation of the feeding value of two tropical cereal straws, maize stover, rice straw and their botanical fractions by nylon and mobile bag technique. *AJST.* 2, 65-71.
- MICHALET-DOREAU, B. und P. CERNEAU, 1991: Influence of foodstuff particle size on in situ degradation of nitrogen in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 35, 69-81.
- MICHALET-DOREAU, B. und M.Y. OULD-BAH, 1992: In vitro and in sacco methods for the estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 40, 57-86.
- NOCEK, J.E., 1985: Evaluation of specific variables affecting in situ estimates of ruminal dry matter and protein digestion. *J. Anim. Sci.* 60, 1347-1358.
- NOCEK, J.E., 1988: In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. *J. Dairy Sci.* 71, 2051-2069.
- ÖAG, 2006: ÖAG-Futterwerttabellen für das Grünfutter im Alpenraum. *Der fortschrittliche Landwirt* 24, Sonderbeilage.
- OLUBOBOKUN, J.A., W.M. CRAIG und K.R. POND, 1990: Effects of mastication and microbial contamination on ruminal in situ forage disappearance. *J. Anim. Sci.* 68, 3371-3381.
- ØRSKOV, E.R., F.D. DEB HOVELL und F. MOULD, 1980: The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5, 195-213.

ØRSKOV, E.R. und I. McDONALD, 1979: The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92, 499-503.

ÖSTERREICHISCHE BESCHREIBENDE SORTENLISTE, 2010: Informationen der Internethomepage, <http://www.baes.gv.at/pflanzensorten/oesterreichische-beschreibende-sortenliste/mais/>, aufgerufen am 30.08.2010.

ÖSTERREICHISCHE BESCHREIBENDE SORTENLISTE, SIEBUNGSERGEBNISSE 2010: Informationen der Internethomepage, <http://www.baes.gv.at/pflanzensorten/oesterreichische-beschreibende-sortenliste/mais/koernermais/siebungsergebnisse/aufgerufen>, aufgerufen am 30.08.2010.

PARYS C, A. MATTHE, P. LEBZIEN und G. FLACHOWSKY, 2000: *In sacco* Abbaubarkeit von Mais-Restpflanzen im Pansen von Milchkühen. VDLUFA-Schriftenreihe 55, 80-83.

PEX, E. J., F. J. SCHWARZ und M. KIRCHGEßNER, 1996: Zum Einfluss des Erntezeitpunktes von Silomais auf Verdaulichkeit und Energiegehalt von Maissilage bei Rind und Schaf. Wirtschaftseig. Futter 42, 83-96.

PIONEER, 2010: Informationen der Internethomepage, <http://public.pioneer.com/portal/site/Public/corn/>, aufgerufen am 30.08.2011.

PLAYNE, M.J., W. KHUMNUALTHONG und M.G. ECHEVARRIA, 1978: Factors affecting the digestion of oesophageal fistula samples and hay samples in nylon bags in the rumen of cattle. J. Agric. Sci. 90, 193-204.

QUIN, J.I., J.G. VAN DER WATH und S. MYBURGH, 1938: Studies on the alimentary tract of merino sheep in South Africa. IV. Description of experimental technique. Onderstepoort J. Vet. Sci. Anim. Ind. 11, 341-600.

RAGT-SAATEN, 2010: Informationen der Internethomepage, <http://www.ragt.at/index.php?id=299>, aufgerufen am 30.08.2011.

SAATBAU LINZ, 2010: Informationen der Internethomepage, [http://www.saatbaulinz.at/sor\\_showSorte.asp?id=13](http://www.saatbaulinz.at/sor_showSorte.asp?id=13), aufgerufen am 30.08.2011.

SCHROEDER, J.W., 2004: Forage nutrition of ruminants. Extension Service North Dakota State University, Quality forage series: Artikel AS-1250.

SCHLAGHECK, A., N. ENTRUP und M. FREITAG, 2000: Auswirkungen des Abreifeverhaltens („Stay Green“/„Dry Down“) auf die *in vitro* Verdaulichkeit von Maisgenotypen unter Berücksichtigung verschiedener Pflanzenfraktionen. Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Sonderheft 217, 94-101.

SCHWARZ, F.J. und T. ETTLE, 2000: Erntezeitpunkt, Sorte und deren Einfluss auf Inhaltsstoffe, Verdaulichkeit und *in situ*-Abbaubarkeit der Stärke von Silomais. Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Sonderheft 217, 102-115.

SCHWARZ, F.J., E.J. PEX und M. KIRCHGESSNER, 1996a: Zum Sorteneinfluss von Silomais auf Verdaulichkeit und Energiegehalt von Maissilage bei Rind und Schaf. Wirtschaftseig. Futter, 42:2, 161-172.

SCHWARZ, F.J., E.J. PEX und M. KIRCHGESSNER, 1996b: Zum Einfluss stärkereicher Einzelfuttermittel auf die Verdaulichkeit und den Energiegehalt von Maissilage bei Rind und Schaf. Arch. Anim. Nutr., 49, 349-362.

SCHWARZ, F.J., W. PREISSINGER und M. KIRCHGESSNER, 1997: Verdaulichkeit und Energiegehalt von unterschiedlich zerkleinerter Maissilage bei Rindern und Schafen. Agribiol. Res. 50:3, 225-236.

SEBEK, L.B. und H. EVERTS, 1999: *In situ* rumen degradation of dry matter and crude protein in ewes and dairy cows. Anim. Sci. 68, 801-808.

SMITH, L.W., H.K. GOERING und C.H. GORDON, 1972: Relationships of forage composition with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. J. Dairy Sci. 55, 1140-1147.

SPIEKERS, H., T. ETTLE, W. PREIßINGER und M. PRIES, 2009: Häcksellänge und Strukturwert von Silomais. Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Sonderheft 331, 47-62.

STEWART, C.S., 1979: Problems in the assessment of fiber digestion in the rumen. In: GROSSBARD, E. (Ed.): Straw decay and its effect on disposal and utilisation, UK: 315-319.

STRITZLER, N.P., T.A. HVELPLUND und J. WOELSTRUP, 1990: The influence of the position in the rumen on dry matter disappearance from nylon bags. Acta Agric. Scand. 40, 363-366.

- SÜDEKUM, K.H., 2005: Möglichkeiten und Grenzen der Standardisierung der in situ Methodik zur Schätzung des ruminalen Nährstoffabbaus. Übers. Tierernährg. 33, 71-86.
- SÜDEKUM, K.H., A. OSTERMANN und M. STANGASSINGER, 1995: Zur Rolle von Lignin und phenolischen Monomeren in Futtermitteln für Wiederkäuer. II. Einfluss auf die Verdauung pflanzlicher Gerüstsubstanzen. Übers. Tierernährg. 23, 229-260.
- SYNGENTA, 2010: Informationen der Internethomepage, <http://www.nk.com/media/332291/nk%20falkone%20neuer%20sortenmaster%202009.pdf>, aufgerufen am 30.08.2010.
- THOMAS, H. und C.M. SMART, 1993: Crops that stay green. Ann. Appl. Biol. 123, 193-219.
- THOMET, P., D. DUBOIS, T. RHIS und J. TROXLER, 1986: Prüfung der Verdaulichkeitsunterschiede von fünf ausgewählten Maissorten. Separatdruck aus den Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft, 34:3, 61-72.
- TOLERA, A., F. SUNDSTØL und A. SAID, 1998: The effect of stage of maturity on yield and quality of maize grain and stover. Anim. Feed Sci. Technol. 75, 157-168.
- TOVAR-GÓMEZ, M.R., J.C. EMILE, B. MICHALET-DOREAU und Y. BARRIERE, 1997: *In situ* degradation kinetics of maize hybrid stalks. Anim. Feed. Sci. Technol. 68, 77-88.
- UDÉN, P. und P.J. Van SOEST, 1984: Investigations of the in situ bag technique and a comparison of the fermentation in heifers, sheep, ponies and rabbits. J. Anim. Sci. 58, 213-221.
- Van der KOELEN, C.J., P.W. GOEDHART, A.M. Van VUUREN und G. SAVOINI, 1992: Sources of variation of the in situ nylon bag technique. Anim. Feed Sci. Technol. 38, 35-42.
- VANZANT, E.S., R.C. COCHRAN und E.C. TITGEMEYER, 1998: Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. J. Anim. Sci. 76, 2717-2729.
- VIK-MO, L. 1989: Degradability of forages in sacco. I. Grass crops and silages after oven and freeze drying. Acta Agric. Scand. 39, 43-52.
- WEISBJERG, M. R. und T. HVELPLUND, 2005: Energy and protein evaluation of conventional and nonconventional feedstuffs. Possibilities and pitfalls. Options Méditerranéennes, Series A, No. 67, 307-317.



WERMKE, M., 1985: Trockenmasse-Ertrag, Gerüstsubstanzengehalt und Verdaulichkeit von Silomais in Abhängigkeit von Genotyp, Pflanzenalter und Standort. *Landwirtschaftl. Forschung* 38, 384-394.

WILKINSON, J.M. und J. HILL, 2003: Effect on yield and dry-matter distribution of the stay-green characteristic in cultivars of forage maize grown in England. *Grass and Forage Science* 58, 258-264.

WILSON, J.R., 1994: Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants. *J. Agric. Sci.* 122, 173-182.

ZAMG-JAHRBUCH, 2007: Informationen der Internethomepage, <http://www.zamg.ac.at/fix/klima/jb2007/index.html>, aufgerufen am 12.01.2010.

ZELLER, F., 2009: Zum Einfluss von Genotyp und physiologischer Reife von Mais auf die chemische Zusammensetzung und ruminale Abbaubarkeit der Restpflanze. Diss. Technische Universität München, 179 S.

ZELLER, F., D. DOBBERSTEIN, M. BUNZEL und F.J. SCHWARZ, 2009: Kohlehydratzusammensetzung von Maisrestpflanzen und deren Futterwert. Strukturwert von Silomais. *Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Sonderheft 331*, 5-18.

ZSCHEISCHLER, J., F. GROSS und L. HEPTING, 1974: Einfluss von Schnittzeit, Sorte und Standweite auf Ertrag und Futterwert von Silomais. *Bayr. landw. Jahrbuch* 51, 611-626.

ZSCHEISCHLER, J., M. C. ESTLER, W. STAUDACHER, F. GROß, G. BURGSTALLER, H. STREYL, T. RECHMANN, 1990: *Handbuch Mais. Umweltgerechter Anbau. Wirtschaftliche Verwertung*. 4. Auflage, DLG-Verlag Frankfurt, 13, 15, 51, 53, 58,59.

## 9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1-1: Aufbau einer Maispflanze (ANONYM 2010).....	10
Abbildung 2.1-2: Chemische Zusammensetzung der Maispflanze zu den verschiedenen Reifestadien der Maispflanze (nach DACCORD et al. 1995).....	12
Abbildung 2.2-1: Durchführung der <i>in situ</i> -Methode (nach SÜDEKUM 2005) .....	18
Abbildung 2.2-2: Ruminale Abbaukurve eines Futtermittels (nach HUNTINGTON und GIVENS 1995) .....	27
Abbildung 3.3-1: Schematische Darstellung eines vorbereiteten Säckchens .....	35
Abbildung 3.3-2: Metallring mit Schnur .....	38
Abbildung 3.3-3: Entnahme des Metallring und der Nylon-bags aus dem Pansen .....	39
Abbildung 4.1-1: Abbaukurven <i>in situ</i> der neun Mais-Restpflanzen zu den beiden Reifezeitpunkten .....	60
Abbildung 4.2-1: Verdaulichkeit der organischen Substanz der Ganzpflanzensilage der untersuchten Silomaisorten .....	66

## 10 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2.3-1: Erforderliche Ergänzung eiweißarmen Raufutters durch Kraftfuttermittel mit etwa 50 % XP-Gehalt.....	29
Tabelle 3.2-1: Auszug aus dem österreichischen Sortenbuch .....	31
Tabelle 3.3-1: Beschriftungssystem der Nylon-bags.....	35
Tabelle 3.3-2: Zeitstufen des Inkubationplans .....	36
Tabelle 3.3-3: Fütterungsplan der Versuchstiere .....	37
Tabelle 4.1-1: TM-Gehalt des Kolbens sowie Restpflanzenanteil und TM-Gehalt der untersuchten Maisrestpflanzen zu den Reifzeitpunkten 1 und 2 in %.....	45
Tabelle 4.1-2: Roh Nährstoffgehalte und Zellwandbestandteile der untersuchten Maisrestpflanzensilage zu den Reifezeitpunkten 1 und 2 (RZP).....	47
Tabelle 4.1-3: Parameter des <i>in situ</i> -Trockenmasseabbaus der untersuchten Restpflanzensilagen.....	52
Tabelle 4.1-4: TM-Verluste (%) der Restpflanze zu zwei Reifezeitpunkten in Abhängigkeit der Inkubationsdauer .....	58
Tabelle 4.2-1: Kolbenanteil der untersuchten Maispflanzen sowie TM-Gehalt von Kolben, Restpflanze und Ganzpflanze zum Zeitpunkt der Ernte.....	61
Tabelle 4.2-2: Gehalte an Roh Nährstoffen und Gerüstsubstanzen der Sammelproben von neuen verschiedenen Maissilagen aus dem Verdauungsversuch <i>in vivo</i> .....	63
Tabelle 4.2-3: Verdauungsquotient der organischen Substanz, der einzelnen Roh Nährstoffe sowie der Zellwandbestandteile der untersuchten neun Maissilagen .....	64

# 11 ABKÜRZUNGEN

ADF	Acid Detergent Fibre
ADL	Acid Detergent Lignin
bm	Brown Midrib
FAO	Food and Agriculture Organisation
dOM	Digestible Organic Mater
NFC	Non Fibre Carbohydrate
NfE	Stickstofffreie Extraktstoffe
RG	Reifegruppe
RZP	Reifezeitpunkt
TM	Trockenmasse
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein